JULIO REY PASTOR

LA CIENCIA Y LA TÉCNICA EN EL DESCUBRIMIENTO DE AMÉRICA

TERCERA EDICIÓN

ESPASA CALPE ARGENTINA, S. A.

BUENOS AIRES - MÉXICO

Nota previa

En el descubrimiento y colonización de América hay valores esenciales, apenas considerados por los historiadores, que atentos a los aspectos militar y religioso en primer término, y a la organización política después, descuidaron los factores científico y técnico que concurrieron a tan magnos acontecimientos; los cuales, a su vez, influyeron en la evolución general de las ciencias y de sus aplicaciones.

Ciencia y técnica muy rudimentarias sin duda, desde nuestro actual punto de vista, fueron las utilizadas por los descubridores de nuevas rutas y de mundos nuevos, como parecerán rudimentarias a las venideras generaciones las hipótesis físicas que usan nuestros ingenieros para el cálculo de sus estructuras y nuestras actuales ideas sobre el cáncer. Precisamente esta dramática desproporción entre la insignificancia de los medios y la grandiosidad de los resultados hace resaltar con más impresionante relieve el valor de quienes los lograron.

Emprendamos, pues, la nada fácil tarea de historiar brevemente la contribución de la Ciencia y de la Técnica; y muy especialmente en dos órdenes de conocimiento: en la Astronomía y la Náutica, que hicieron posibles en el siglo XV, y aun desde el XIV, las arriesgadas exploraciones de África y América; y en la técnica metalúrgica, que permitió la explotación científica de las riquezas mineras del Nuevo Mundo. Una y otra tenían larga tradición ibérica; la Metalurgia databa de la época romana y fue muy perfeccionada por los árabes españoles, sobre todo en las minas de Almadén; la navegación de altura fue posible gracias a la seria tradición astronómica de origen griego, cultivada y perfeccionada por árabes, judíos y cristianos durante la Edad Media, que culminó en las inmortales *Tablas alfonsinas*.

Ruptura de prejuicios y supersticiones, tránsito de la Astrología a la Astronomía y de la Alquimia a la Química, son las características de este período áureo, que traduce en hechos materiales los gérmenes espirituales del Renacimiento, una de cuyas más poderosas fuerzas propulsoras fue la epopeya escrita por los ibéricos con sus descubrimientos geográficos, que influyó decisivamente en todos los estratos de la cultura.

Nota a la tercera edición

Modificaciones numerosas, y algunas esenciales, han sido introducidas en esta nueva edición. Una de ellas enaltece sobremanera la jerarquía científica del Almirante, por haber atribuido algunos saltos de la aguja a la estrella polar. Los observados en las noches del 13 y del 17 de septiembre en el primer viaje quedan perfectamente explicados con la expresiva frase «la estrella hace movimiento y no las agujas» y nada hay en ella de «especioso». En efecto, Colón sabía de sobra que la polar no coincide con el polo; y el movimiento durante la noche alrededor del polo, explica perfectamente los hechos observados, como demostraremos en lugar adecuado, utilizando los cálculos efectuados a nuestro ruego en el Observatorio de San Fernando, por gentileza de su sabio Director.

Dolorosa ha sido en cambio la rectificación del elogio que en la primera edición dedicábamos al gran Nebrija, a quien suele atribuirse una medición geodésica; según un documentado estudio de Vigil y Ruiz Aizpiri, esta esperanza se desvanece como tantas otras, y el rigor histórico obliga a consignarlo, rectificando una confusión de los entusiastas historiadores de la ciencia española.

Capítulo I

Influencia del descubrimiento de América en las ideas científicas

Influencia general en la ciencia

Hablar de la Ciencia como de algo orgánico y bien definido, a fines de la Edad Media, es sin duda prematuro. Los escasos conocimientos científicos del siglo XIII son patrimonio personal de un Leonardo de Pisa, de un Alberto Magno, de un Rogerio Bacon..., y con ellos desaparecen, sin ejercer gran influjo en la cultura de la centuria siguiente. Ciencia basada a veces en relatos dudosos y consejas fantásticas, más que en conocimiento directo y seguro de los hechos; y así, por ejemplo, no nos sorprende que el inmortal Bacon crea a pies juntillas en la existencia de un país afortunado, en el cual «los extranjeros se conservan indefinidamente en la edad que tenían al entrar en él».

Pero este monopolio de conocimientos por unos pocos selectos cesa súbitamente por la milagrosa concurrencia de los hechos históricos que produjeron el Renacimiento, y muy especialmente por los simplicísimos artilugios de Coster y Gutenberg, y las audaces exploraciones de Oriente y Occidente.

Constante aspiración de la Ciencia es descubrir el hecho nuevo; y de pronto, gracias a los ibéricos, se nos regala el más rico caudal de hechos nuevos que pudiera soñarse. Ya no son los tiempos de Leif, el hijo de Erico el Rojo; ahora se trata de una empresa organizada muy en serio, en febril competencia, por tres naciones, y ya en el primer cuarto del siglo XVI, al arreglar cuentas España y Portugal, estaba trazado el contorno de todo un nuevo continente, desde la Tierra del Fuego hasta Labrador.

La obra entera de la creación se duplica en el siglo XV para los habitantes de Europa (como observa Humboldt) y suministra a las inteligencias nuevos y poderosos estímulos, que aceleran el progreso de las ciencias. Y llega ese magnífico presente en el momento mismo en que ya puede ser aprovechado por el despertar de las inteligencias y la eficacia de las prensas de Haarlem y Maguncia, que prestan alas al pensamiento, poniendo la cultura al alcance de todas las clases sociales, en las que pronto surgen preclaras inteligencias al servicio de una tarea común.

El beneficioso influjo que tuvo en la Ciencia la magna empresa de los Reyes Católicos comenzó el mismo día en que la diminuta escuadra zarpó del puerto de Palos. El improvisado almirante puede considerarse, en justicia, como hombre de ciencia, dentro del modesto alcance que entonces podía darse a ese término; pues era un curioso del saber, un observador atento, a veces agudo, que desde el primer día anotó cuanto hecho físico pudo observar y buscó su explicación, no siempre atinada, como aquella su curiosa teoría sobre la diversidad de color de los indios y los negros africanos, basada en la estructura del globo, que suponía piriforme; pero frecuentemente acertada y siempre de carácter científico, en el sentido moderno, es decir, físico y no metafísico.

Hasta ese error, que tanto nos ha hecho sonreír, de asignar al globo terráqueo la forma de pera, fue un error netamente científico, basado en sus medidas forzosamente inexactas de la altura de la polar. Hoy nos parece tan natural la forma esférica, apenas atenuada, que no concebimos otra, lo que indica nuestra falta de flexibilidad mental; también un aristotélico habría conservado incólume su fe en la forma esférica, por ser ésta la figura geométrica más perfecta, sin dar crédito a los engañosos sentidos, ni a los experimentos sospechosos. Pero Colón es ya un renacentista, aunque todavía trabado por el criterio de autoridad; debe razonar sobre sus observaciones propias, debe explicar las variedades de color racial, con

otros fenómenos físicos, y además de todo esto debe encontrar digna ubicación al paraíso terrenal; y entonces forja su ingeniosa cuanto absurda teoría contemporizadora.

Esa lucha patética entre el prejuicio adquirido y el juicio propio; ese afán de cohonestar los hechos observados con la autoridad de los antiguos, compromiso que se traduce en una ciencia trabada e imperfecta, es el símbolo del espíritu atormentado de los más selectos hombres en aquel momento crucial de la historia.

El máximo acontecimiento científico en el primer viaje fue el descubrimiento de la declinación magnética, hecho que en verdad era ya conocido por algunos europeos, y además la variación de esa declinación magnética con el lugar. Aunque sólo hubiera hecho el Almirante este hallazgo científico, tendría bien ganado el puesto que ocupa en la historia de la Física, a pesar de que su explicación nada nos satisface hoy; pero lo cierto es que después del gigantesco progreso de esta disciplina seguimos sin saber por qué la aguja se orienta y por qué se desvía de su orientación. «El misterio de la aguja magnética» llama recientemente Gamow a este problema, y tal calificativo constituye un timbre de gloria para el tránsfuga inmortal, cuya agudeza no fue igualada por los otros navegantes, que, a pesar de haber llegado a latitudes extremas, no observaron en la aguja el otro fenómeno de la *inclinación*, que seguramente no habría escapado a la sagacidad del gran genovés[1].

Su destreza en el trazado de cartas le permitió hacerlas de los mares y países descubiertos, ilustrándolas con observaciones astronómicas e hidrográficas, que lo caracterizan, no solamente como el marino más hábil y osado de aquellos tiempos -según dice Navarrete-, sino también como un auténtico investigador científico. En capítulo ulterior procuraremos justificar esta afirmación.

La genial equivocación geográfica de Colón, que hizo posible la epopeya del 1492, y sin la cual se habría retrasado el descubrimiento quién sabe cuánto tiempo, y la terquedad con que persistió en su error hasta el fin de sus días, han dado pie a la creencia de que los descubridores y colonizadores obraron inconscientes de la trascendencia eterna de su empresa; creencia falsa en absoluto, pues los más cultos entre ellos se daban buena cuenta de que estaban actuando en un elevado plano histórico.

Pedro Mártir de Angleria, italiano radicado en España al servicio de la corte de Fernando, que siguió muy de cerca la conquista, describe en sus *Cartas latinas*[2] «las maravillas de ese mundo nuevo, de esos antípodas del oeste, que ha descubierto un cierto genovés enviado a aquellos parajes por nuestros soberanos Fernando e Isabel».

Y agrega en una de sus cartas: «No abandonaré de buen grado a España hoy, porque estoy aquí en la fuente de las noticias que nos llegan de los países recién descubiertos, y puedo esperar, constituyéndome en historiador de tan grandes acontecimientos, que mi nombre pase a la posteridad».

Movidos aparentemente los conductores por el interés comercial de llegar por vía breve al país de la especiería, e impulsados también los dirigidos por apetencias materiales, pero, en verdad, empujados unos y otros por esa fuerza inconsciente e irresistible que impele a los hombres egregios a desviarse de las manidas rutas de la grey, para descubrir novedades que después aprovecharán al rutinario rebaño, las tierras nuevas plantearon problemas nuevos, y a la larga engendraron nuevas disciplinas científicas.

Los movimientos de los astros ya no interesan para trazar el horóscopo de los mortales, sino para navegar con rumbo cierto hacia las tierras de la canela y la pimienta; pero pronto se despierta la curiosidad desinteresada, y al margen de la resolución de tales problemas técnicos, de aplicación útil y perentoria, las mentes especulativas se plantean cuestiones teóricas de ciencia pura. Tal, por ejemplo, la invención de la loxodromia por el genial Pedro Núñez, con la cual enriquece la geometría esférica.

Es cierto que desde el punto de vista náutico interesa sobremanera distinguir la navegación por *loxodrómica*, la más sencilla, aunque no la más breve, y la navegación *ortodrómica*, o sea por el arco de circunferencia máxima, que es el más corto; pero a Núñez le interesa el estudio de la curva en sí, con sus dos ramas espiriformes en torno de los polos, aunque ello carezca de interés práctico, y se preocupa asimismo de otros problemas desinteresados, como el del crepúsculo mínimo.

Por doquiera se despierta la sed de saber y conocer, de descifrar el enigma cósmico, de explorar el universo físico en toda su integridad, que anima más tarde a Gilbert y Galileo, culminando en Keplero y Newton, codificadores de los astros.

El problema de la piedra filosofal evoluciona parejamente hacia la explotación de las efectivas riquezas mineras de México y Perú, problema interesado que estimula el nacimiento de la química como ciencia pura; y esta paulatina elevación de miras, desde el esfuerzo remunerador hasta la desinteresada contemplación de la verdad científica, se observa en todas las disciplinas humanas.

Un hálito de optimista entusiasmo inflama las almas antes dormidas; un poderoso aliento vital sublima las existencias más humildes, consagrándolas a ideales de muy diversa alcurnia, pero todos legítimos y aun nobles: el deseo de mejorar la propia vida material, fecundo estímulo del progreso de la humanidad; el ansia de gloria e inmortalidad que impele hacia las grandes acciones sin medir el sacrificio; el místico afán de convertir a todos los hombres a la verdad que se consideraba absoluta, y el esclarecimiento de las pequeñas verdades de la naturaleza accesibles a nuestra inteligencia.

«Es un error creer -dice el comprensivo Humboldt- que los conquistadores fueron guiados únicamente por el amor al oro o por el fanatismo religioso. Los peligros elevan siempre la poesía de la vida; y, además, la época vigorosa, cuya influencia en el desarrollo de la idea del mundo buscamos ahora, prestaba a todas las empresas y a las impresiones de la Naturaleza a que dan lugar los viajes lejanos un encanto que empieza a debilitarse en nuestra época erudita, en medio de las facilidades sin número que dan acceso a todas las regiones; es decir: el encanto de la novedad y de la sorpresa.»[3]

En el escenario grandioso que se ofreció a la plebe hispánica para que mostrara sus cualidades ante la posteridad, «la ambición y la gloria, la cultura y la barbarie, la generosidad y la avaricia, la humanidad y la tiranía, y, en fin, todos los vicios y todas las virtudes, habían de luchar entre sí, para dejar a la posteridad insignes ejemplos de las contradicciones de nuestra condición flaca y miserable».

Así dice Fernández de Navarrete; pero la perspectiva histórica debe situarse a suficiente altura para que la visión de las pequeñeces y miserias humanas no impida la contemplación del panorama en su grandioso conjunto. Quede para los eruditos más miopes la minúscula y complaciente descripción de crueldades, rencillas y traiciones de todo lo pequeño y humano de aquellos semidioses, cuya individualidad desaparece al fundirse en el seno de una idea sublime.

No podemos juzgarlos en justicia, porque el progreso material de estos siglos ha anulado nuestra capacidad para el asombro y castrado nuestra imaginación, que ya no es capaz de situarse en aquel momento de rosado optimismo, en que Europa entera nace a una sensibilidad nueva. Aquel vértigo de descubrimientos, aquella insaciable ansia de saber y de poder, aquel fuego de entusiasmo y esperanza, que ya comienza a extinguirse a fines del siglo XVI, revelan un [...] la mágica virtud del contagio, en los hombres de más baja alcurnia, sublima sus almas haciéndolos aristócratas de la humanidad: es el sentido de la infinitud y de lo inmortal.

Descubrimiento de América por los normandos. Ruinas de la casa edificada en Groenlandia, por Erico el Rojo hacia el año 982.

El espíritu de libre examen, germen de la ciencia moderna

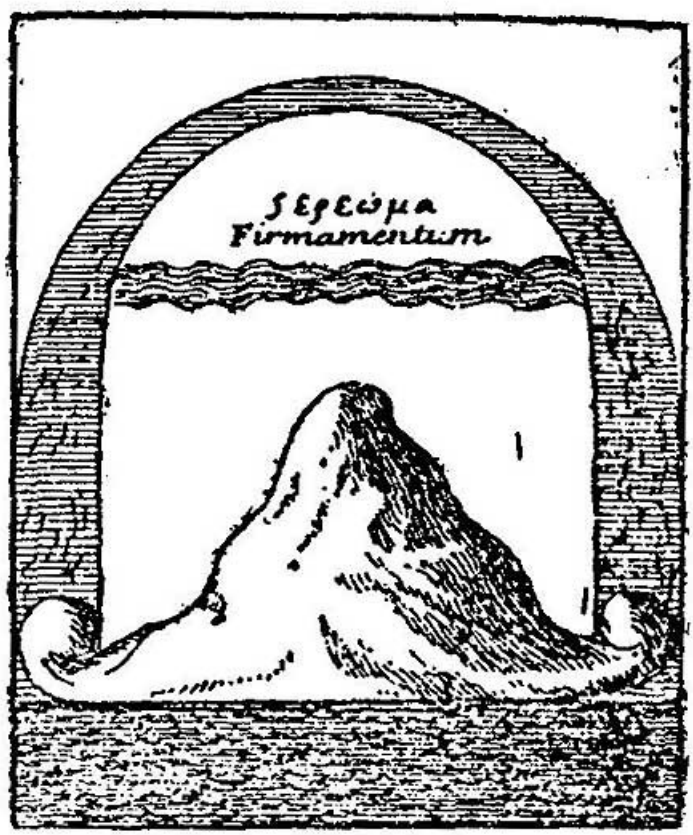
El ciego respeto a los autores clásicos era la barrera que se oponía al progreso de la ciencia. La *zona perusta* de Aristóteles, el *pulmón marino* de Estrabón, al norte de Europa, y el *mar tenebroso*, al sur del cabo Bojador, cohibían con su terrorífica imagen el natural impulso a sobrepasar los confines del mundo; pero arrojados viajeros y valerosos misioneros habían logrado llegar hasta el Extremo Oriente, y los audaces mallorquines del siglo XIV y los nautas lusitanos de Enrique el Navegante, un siglo después, habían desacreditado con sus gestas la infalibilidad de los antiguos.

Puede disentirse, quizá, la trascendencia científica que asignamos a las exploraciones de los ibéricos, aduciendo que ellas, juntamente con el renacimiento científico, son frutos de una misma causa: el despertar de las conciencias, que se traduce de varias y múltiples maneras; pero ese espíritu de libre examen, esa rebeldía contra la autoridad de los antiguos, no habría pasado de ser una postura intelectual de algunos pocos, como ya los hubo en siglos anteriores, sin mayor trascendencia en la marcha de la humanidad, a no ser por el arrojo temerario de los primeros hombres que arriesgaron sus vidas para comprobar el grado de verdad de aquellas terroríficas descripciones de las zonas terrestres y marítimas vedadas a la planta humana.

Después del éxito del primer ataque a la inconmovible fortaleza de la ciencia antigua, y deshecho así el dogma de su infalibilidad, que hoy apenas podemos comprender, fue ya tarea fácil a la docta multitud de estudiosos, que surgió en todos los países cultos, lanzarse por la brecha abierta, para destruir cuanto tenía de deleznable la imponente construcción; pero el coraje de los mallorquines del siglo XIV y el de los primeros lusitanos que acompañaron a Gil Eanes en 1434 por el «mar tenebroso» (heroísmo comparable al de quienes se alistasen hoy en una expedición aérea hacia Marte), el de Colón y Magallanes y el de todos los navegantes portugueses que atravesaron una y otra vez la zona tórrida, hasta descubrir la ruta a la India, demostrando a la par la inconsistencia de los dogmas aristotélicos y la inexistencia del continente austral de Tolomeo[4], no solamente hicieron posible la epopeya hispánica, sino también el advenimiento de la ciencia moderna, libre de prejuicios de autoridad, que ellos lograron derrocar.

La experiencia, la visión directa de los hechos, es desde entonces el criterio supremo de verdad, que destrona al criterio de autoridad. Contra la sabia opinión de los filósofos, que declaran impenetrable e inhabitable la zona tórrida, los portugueses la cruzan repetidamente; y seis veces la atraviesa la expedición de Magallanes «sin quemarse», como dice López de Gomara[5]. Este grandioso viaje contribuye como ninguno a arraigar definitivamente en las conciencias la idea de la esfericidad del globo y de su relativa uniformidad.

Suele afirmarse sin razón que las expediciones de Colón y Magallanes derrocaron la concepción del mundo como disco plano, demostrando la esfericidad del planeta. No; la idea de la tierra esférica era en aquel entonces patrimonio de todos los hombres cultos. Ya los griegos habían abandonado esa ingenua idea de los geógrafos jónicos, y la observación de la sombra arrojada sobre nuestro satélite en los eclipses lunares confirmaba visiblemente esta verdad. Ahora bien, una cosa es el globo y otra el ecumene o mundo habitable que en los primeros siglos medioevales de ínfima cultura se suponía disco flotante sobre las aguas; pero a fines de la Edad Media se impuso definitivamente la tesis aristotélica, que consideraba la tierra como esfera sólida, cubierta de aguas, excepto en la porción que constituye los continentes.[6]



La Tierra y los muros que sostienen el firmamento. (Según Cosmas. S. VI.)

Mas todo ello, y las conjeturas de algunos atrevidos cartógrafos, no pasaba de ser hipótesis más o menos plausible y aceptable; y aun los más eruditos discutían sobre la posibilidad de existencia de otros mundos o siquiera islotes habitados. Aunque nos hayamos acostumbrado a la idea de la existencia de antípodas, por haber nacido bajo el signo de la teoría física de una gravitación central y en una época de dominio absoluto de los mares, se comprende bien que, con la idea de una gravitación paralela y con un reducido horizonte terrestre y marítimo, fuera tan enorme como razonable la resistencia que encontró durante muchos siglos la concepción de esos desgraciados antípodas «suspendidos cabeza abajo», y se explican las burlas con que fueron escarnecidos los defensores de idea tan monstruosa[7]; y no podemos contener nuestra admiración hacia el poderoso esfuerzo imaginativo de los pitagóricos, de Aristóteles, y sobre todo de Aristarco, el Copérnico de la edad antigua, que concibió el sistema heliocéntrico. Y más admirables todavía que aquellos espíritus libres y razonadores son los hombres medioevales, que vencieron en lucha individual al doble enemigo: la ignorancia y el prejuicio supersticioso. Alberto el Magno, Rogerio Bacon, Vicente de Beauvais, el Dante, Pedro d'Ailly, aristócratas de la inteligencia y padres de nuestra civilización moderna, admitieron la esfericidad de la tierra, pero pocos de ellos

llegaban a creer en los antípodas; y esta inercia de las mentes más excelsas de dos centurias magnifica la figura del obispo Virgilio de Salzburgo, que en pleno siglo VIII, quinientos años antes que ellos, admitió entrambas ideas, siendo perseguido por tal doctrina «perversa y peligrosa».

Si los gigantes intelectuales del siglo XIII, que no tuvieron dignos sucesores en el siguiente, se resistían a admitir plenamente esta doctrina, puede conjeturarse cuál sería la posición mental de los contemporáneos de Colón, pues poco se había progresado en un siglo[8]; y se comprende la emoción de la plebe, y aun de los doctos, cuando Sebastián Elcano, arribó maltrecho con sus diecisiete compañeros, únicos supervivientes de la expedición de los doscientos treinta y nueve que emprendieron la vuelta al mundo.

Al encontrar antípodas aquellos irreverentes aventureros, en contra de todas las autoridades clásicas, ya no fueron condenados a la hoguera como en 1327 lo fuera Cecco d'Ascoli; por el contrario, la Iglesia se rindió ante la realidad, admitiendo un nuevo «don del Cielo, concedido a los cristianos para dar la vuelta a la Tierra».

Perdida ya la fe en la infalibilidad de los filósofos antiguos, el espíritu escudriñador vuela libre de trabas, y todos se disponen a leer por su propia cuenta en el gran libro del mundo.

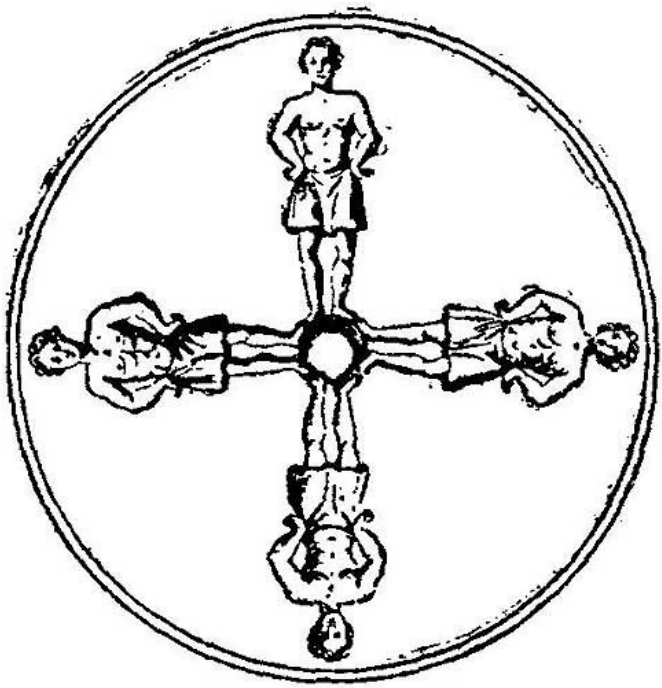
El espíritu objetivo, irrespetuoso del criterio de autoridad, que ya permitió a los inmortales Pinzón, discutir de igual a igual con el Almirante, se propaga entre las inteligencias despiertas; y a pesar de todas las coacciones del para ellos semidiós, que llegó a la locura de amenazarles con cortar la lengua de quien negara sus aseveraciones, Juan de la Cosa se inmortaliza con su réplica gráfica (1500) con la que deshace científicamente el error de Colón.

Como dice el bachiller Fernández de Enciso en su tratado de 1559, no se ha inspirado tanto en Tolomeo, Eratóstenes, Plinio y Estrabón, «como en la experiencia de nuestros tiempos, que es madre de todas las cosas». Y cuando el jesuita Acosta afirma que las tierras más altas son más frías, dando la explicación de este hecho, no lo hace ya basado en los autores, sino después de haber subido hasta el lago Titicaca, a 4.000 metros, y descender hasta el Pacífico. Y lo mismo procede al explicar las mareas, «no tanto por las razones que los filósofos dan en sus libros, como por la experiencia cierta que se ha podido hacer».

Bien justificado está, pues, aquel juicio de Humboldt: «El fundamento de lo que hoy se llama la Física del globo, prescindiendo de las consideraciones matemáticas, se halla contenido en la obra del jesuita José Acosta, titulada: *Historia natural y moral de las Indias*, así como en la de Gonzalo Hernández de Oviedo, que apareció veinte años después de la muerte de Colón.»

Abandonado ya el criterio de autoridad, no falta quien se permite criticar el complicado sistema de Tolomeo, y, entre otros, el médico Francisco de Villalobos, que en 1515 expone sus «dudas y perplejidades sobre esta invención de los epiciclos» y discute la tesis aristotélica sobre las aguas del mar, rechazando de plano toda explicación teológica de los fenómenos físicos.

Esta disconformidad con la ciencia de los antiguos, estimulada por el trascendental éxito de las expediciones colombinas, encontraba, mientras tanto, su magnífica expresión en la inmortal obra de Copérnico, concebida y planeada en 1506, año de la muerte del Almirante.



«Demostración» medioeval de la imposibilidad de la forma esférica de la Tierra. Siglo VI.

Concepción integral y unitaria del universo

Suele definirse el Renacimiento como el descubrimiento del hombre por sí mismo; y nada contribuyó a ello como la exploración de los países ignotos. Terminado el largo diálogo místico, el hombre se enfrenta con la naturaleza y con sus semejantes.

Razas humanas, según Münster, 1550.

El hombre medioeval, recluido en el ecumene circunmediterráneo, con vagas noticias del norte de su propio continente y del Lejano Oriente, aportadas por intrépidos viajeros, había creado en su fantasía imágenes monstruosas de los seres que poblaban otros mundos. Las representaciones gráficas que nuestros dibujantes de más fértil imaginación suelen hacer de los presuntos marcianos, cada vez que se pone de actualidad ese viejo tema, no son más deformes ni monstruosas respecto del arquetipo humano que las láminas dedicadas en la Cosmografía de Sebastián Münster, nada menos que en 1550, a representar posibles razas humanas, interpretando los hiperbólicos relatos de los primeros exploradores, cargados de prejuicios medioevales e ingenuamente crédulos para las más fantásticas maravillas.

La idea preconcebida que llevaban los descubridores se basaba en la concepción medioeval del mundo, procedente de autores como Solinus, de la decadencia romana:

Animales fantásticos como el *basilisco* de la India y el *bonacus* de Frigia; *grifos*, hormigas como perros, y la famosa *ave fénix*, que renace de sus cenizas. Amazonas, dragones y sirenas. Hombres *cíclopes*, con un solo ojo, y otros con cuatro ojos, o descabezados; con los ojos y boca en medio del pecho; hombres *cinocéfalos*, con cabeza de perro; hombres *hipópodos*, con pezuñas de caballo; hombres con un solo pie gigantesco; otros con labios enormes, que, replegados, les servían de sombrilla...

Al lado de estas viejas concepciones arraigadas en las mentes del quinientos, resultan casi razonables las descripciones que la imaginación sobreexcitada y la crédula fe de los conquistadores, predispuestos a encontrar seres fabulosos, han hecho de ciertos fenómenos que vieron u oyeron relatar a los indígenas: los habitantes del Labrador tenían cola; en las Orcadas las hojas de cierto árbol se convertían en pájaros al caer sobre las aguas de un río; ciertas hojas colocadas sobre un plano horizontal caminaban como orugas...[9].

La frase «nuevo mundo» tuvo entonces el mismo significado trascendental que hoy tendría el acceso a otro planeta, poniendo tensos nuestra ciencia y nuestro esfuerzo. Bien se comprende aquel afán de explorar todas las latitudes, surcar todos los mares y remontar todos los ríos; de escalar las más altas cumbres y penetrar en las selvas más intrincadas en busca, no tanto de riquezas, como de emocionantes novedades.

El Ecumene de los griegos era un mundo íntimo, rodeado de una zona infranqueable, llena de terribles peligros y fuerzas naturales desencadenadas; más allá el misterio insondable e infinito donde habría quizá otros mundos, otros seres, otra vida; y ahora se ve, no sin desilusión, tras las primeras exploraciones, que no existen tales mundos nuevos, y que el nuevo continente, pese a sus novedades, no es esencialmente diferente del viejo, ni por su estructura física ni por sus habitantes; no existen dragones ni sirenas, no hay razas monstruosas ni hombres sauriformes; y las esperanzas concebidas por los fantásticos relatos oídos de los indígenas y mal traducidos por los sugestionables viajeros de las primeras expediciones, quedan a la postre defraudadas[10].

El mundo en la concepción homérica

Cuando hombres cargados con el prejuicio de tales representaciones monstruosas en todos sus viajes encontraron siempre los semejantes de nuestra misma hechura y condición, se explica que este homeomorfismo los afirmara en su convicción de haber llegado al extremo oriental del viejo continente y no a un mundo nuevo. Al fin se dieron todos cuenta del error; todos menos el Almirante, que murió aferrado a su convicción; y lentamente se fue formando en las conciencias una nueva concepción integral y unitaria del mundo.

Los títulos de las nuevas geografías traducen ya esta idea[11], y la evocación del gigante mitológico que sostenía el mundo, adoptada por Mercator para designar su colección de mapas, se hace usual para todas las colecciones sucesivas, que reciben el nombre genérico de Atlas o Atlantes.

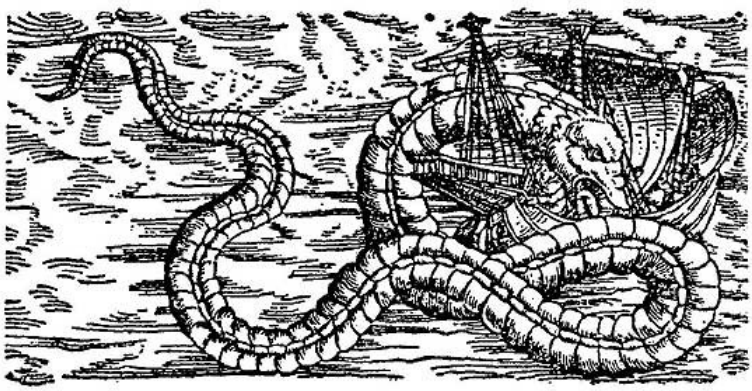
Ya no cabe duda de que pueda haber otros continentes análogos; saciada la curiosidad y decepcionada la desmesurada esperanza, ya no hay prisa en completar el mapa del Pacífico, y pasan casi 300 años hasta que se descubre Australia; y muchos más sin explorar las regiones polares.

Quede a cargo de los especialistas la descripción de las razas americanas; pero destaquemos esta idea señera, que nace y se arraiga al fin en las mentes del siglo XVI: la unidad de la especie humana; el hombre es ya el *semejante*; el hombre, ente bien definido, con insignificantes diferencias de color y de estatura, como señor del planeta entero, circunnavegado, explorado y explotado en beneficio de la especie humana.

El estudio físico del globo terrestre recibe impulso decisivo y «cuando se estudian seriamente las obras originales de los primeros historiadores de la conquista, sorpréndenos encontrar el germen de tantas verdades importantes en el orden físico, planteando la mayor parte de las graves cuestiones que aun en nuestros días nos preocupan». (Humboldt.)

Aunque la zona mediterránea de Europa ofrece rica variedad de fenómenos físicos, éstos aparecen de pronto en el Nuevo Mundo en proporciones gigantescas y con caracteres singulares: los aluviones del Amazonas, el cañón del Colorado, la costa sudoriental de

América del Norte, las costas patagónicas...; finalmente, terminado ya en líneas generales el conocimiento de la superficie, se pone la Geografía a escudriñar la estructura interna del planeta, organizándose más tarde la Geología. También la Oceanografía y la Aerografía son fruto de aquellas grandes expediciones, y solamente tras una larga serie de observaciones de los vientos intercontinentales relacionados con otros fenómenos físicos, pudieron nacer más tarde la Meteorología y la Climatología[12].



Serpiente de mar, según Gesner, 1598.

Nuestro planeta queda así explorado en todos sus aspectos físicos. Todas las observaciones de los cronistas de Indias, tan elogiosamente comentadas por Humboldt, propendían a este fin, desarrollando el magno programa científico contenido en los escritos del Almirante; y al completar nuestro conocimiento en la medida del precario estado de la ciencia de entonces, descubrieron la armonía y unidad funcional del mundo. Las relaciones entre los vientos y las corrientes marinas, la acción recíproca entre las cadenas de volcanes, su influencia en los terremotos, revelaban la armonía física, mientras que la gradación de las especies vegetales y animales, las analogías entre lenguas indígenas de regiones muy distantes[13] ponían de manifiesto la unidad biológica del mundo.

La ley cuantitativa y la *scienza nuova*

Tolomeo mide la altura de los astros con el cuadrante. (Cosmografía de Münster, 1550).

La ciencia aristotélica tenía carácter esencialmente cualitativo, asignando a las sustancias virtudes y cualidades de índole moral: afinidades y antipatías que explicaban su comportamiento. Más modesta en sus pretensiones, la ciencia renacentista se limita a descubrir el *cómo* y no el *porqué* de los fenómenos, y ese comportamiento de la Naturaleza lo reduce a relaciones cuantitativas precisas, comprobables, numéricas. Nace así el moderno concepto de ley física, meramente fenomenológica, que había de inmortalizar a Galileo y Keplero, cuya esencia enunció más tarde Newton en su famoso apotegma: *hypothesis non fingo*.

A este tipo de ley, fenomenológica y cuantitativa, pertenece la variación de la declinación magnética descubierta por Colón. La desviación de la aguja es algo más que una misteriosa cualidad: es una magnitud bien determinada y medible en cada lugar del globo; es, en suma, una función de las coordenadas geográficas, función que en 1580 intenta expresa Burroughs por una fórmula matemática; empeño fracasado que todavía espera solución; y en el siglo XVII descubre Gellibrand, que no sólo varía con el lugar, sino también en función del tiempo, y asimismo intenta dar expresión matemática a esta variación secular, con el fin de poder predecir cuál será la dirección de la brújula en todo tiempo y lugar,

predicción que es la aspiración máxima de toda ciencia, pero que en este problema sigue tan inaccesible como en aquella remota era[14].

Todos los historiadores de la Física anotan en el haber de Colón el descubrimiento de la declinación magnética o más bien de la variación de ésta con la longitud; observando además que en cierto lugar pasa esta declinación de uno a otro sentido y descubriendo así la existencia de líneas sin declinación; pero no vemos que le atribuyan con igual justicia la valiosísima observación de las variaciones irregulares, las cuales, desgraciadamente, siguen hoy tan inexplicables y misteriosas como entonces.

La explicación con que el Almirante logró tranquilizar a sus asustados marineros, que ya se veían perdidos por este acceso de locura de su gran instrumento conductor, consistió en inculpar de tales trastornos a la estrella polar -según dicen los historiadores-, siguiendo a Muñoz, Navarrete..., que califican de *especiosa* tal explicación, forjada «para disipar los temores de su gente». Dan a entender así que la actitud de los subordinados no era muy tranquilizadora como para dejar de darles rápidamente alguna explicación que los apaciguase; y el astuto ligur la encontró pronta y expeditiva.

Pese a esta interpretación admitida generalmente, la verdad es otra[15], pues la frase textual de Colón dice «la estrella hace movimiento y no las agujas» y expresa un hecho rigurosamente exacto, pues él sabía distinguir polo y polar, entonces más separados que ahora. La misma plausible explicación repite el día 30 de setiembre: «la estrella hace movimiento como las otras estrellas y las agujan piden siempre la verdad».

Justo es reconocer que no todas sus explicaciones teóricas fueron tan satisfactorias como éstas; pero tampoco son definitivas las posteriores a él; y todas las futuras y mejores tendrán vida igualmente precaria, mientras que tienen valor definitivo todas las observaciones y todas las medidas realizadas desde el primer viaje con serenidad admirable ante la inquietud de sus decepcionados y arrepentidos marineros; valiosísima aportación temprana al grandioso cuerpo de doctrina empírica que cien años después habría de llamarse la *Scienza Nuova*. Precisamente en el año 1592 tomaba posesión Galileo de su cátedra en la Universidad de Padua.

Del mismo tipo son asimismo multitud de observaciones con que Gomara, Oviedo, Acosta y Hernández enriquecieron las ciencias físicas y naturales: distribución del calor en la superficie terrestre y variación de los climas en las laderas de las montañas; límites de las nieves perpetuas en cada latitud, relación entre las áreas de mares y continentes; composición de la atmósfera y condiciones de vida...

Toda ampliación del horizonte intelectual lleva consigo una necesidad de perfeccionamiento de los métodos científicos por las nuevas conexiones que surgen y los nuevos problemas que se plantean. El descubrimiento de América, con la consiguiente necesidad de la navegación de altura, que ya entonces debe organizarse sistemáticamente, sin confiarse en el azar, plantea problemas nuevos que no habían exigido las expediciones costeras, aun las más arriesgadas, de los lusitanos. La Náutica impone a la Astronomía un mejor conocimiento del cielo, una más exacta determinación de las coordenadas geográficas, y, por ende, un perfeccionamiento progresivo de los instrumentos de medida que en las hábiles manos de Tico-Brahe produjo el maravilloso material de observaciones que hizo posible el advenimiento de Keplero y de Newton.

Observación del cielo en el siglo XIII.

En verdad, tales perfeccionamientos logrados antes de la invención del anteojo eran muy modestos en su esencia; pero los instrumentos astronómicos en tierra firme suplían al menos con sus grandes dimensiones la deficiencia de los modestísimos aparatos usados por Colón y Magallanes, que fueron el astrolabio o el cuadrante y la ballestilla. Para valorar la pericia de aquellos navegantes habría que poner en las manos de un marino moderno, abrumado de sabiduría, ese pequeño disco de latón y ese par de toscas varillas de madera, invitándole a dirigir un mísero navío alrededor del mundo y además a trazar su carta náutica. Con la diferencia de que entonces todo era desconocido y misterioso: la carta y el mundo.

Y prosiguiendo esta escala de relatividad, es preciso señalar que la invención de la modestísima ballestilla o bastón de Jacob fue considerada como progreso tan trascendental en la Náutica, por permitir la determinación de la latitud en la navegación de altura, que germanos y latinos se disputan la primacía. Mientras aquéllos atribuyen a Behaim su introducción en Portugal, éstos aseguran que era muy usada por los marinos del Mediterráneo, y que fue quizá inventada por el provenzal Levi ben Gerson[16].

Uno de los problemas rebeldes a todos los esfuerzos y de máxima trascendencia, no sólo geográfica, sino políticointernacional, fue la determinación de longitudes, del que dependía la línea de demarcación trazada por el Papa en torno del globo, para repartir equitativamente el planeta entre las dos monarquías ibéricas. Este problema candente y otras muchas cuestiones, pero sobre todo el ansia de verdades nuevas que inflama todos los espíritus del siglo de oro, imponen el perfeccionamiento de todos los instrumentos, para ampliar la potencia de nuestros sentidos: el nonius, el telescopio, las lentes combinadas de Fracastoro y de Porta, que preparan la doble invención del anteojo astronómico y del

microscopio, en la frontera de los siglos XVI y XVII, dilatan el universo observable, en las dos direcciones de lo infinito y de lo infinitésimo, y juntamente con el cronómetro impulsan vertiginosamente la astronomía y las ciencias físicas y biológicas.

Tico-Brahe trabaja con el cuadrante mural en su observatorio de Uranienburgo. (Grabado de 1602).

Capítulo II

Las ciencias físico-matemáticas

La geografía

Discútese todavía el valor de las aportaciones originales de los pueblos ibéricos a las ciencias positivas; pero hay una disciplina a la cual hicieron progresar en la Edad Moderna mucho más que todos los otros países juntos, y es la Geografía.

Como máximo propulsor de ella debe ponerse el nombre del infante portugués Don Enrique quien durante medio siglo planeó, y en parte realizó, el más vasto plan de exploraciones que registra la Historia desde que existe el mundo; pues no solamente exploró gran parte del África y proyectó la ruta marítima a la India, sino que también parece haber ensayado expediciones a América, mucho antes de que Colón realizara su magna hazaña[17].

Son los descubrimientos lusitanos los que incorporaron el África entera a la Geografía, pero mucho antes los habían precedido otros exploradores valerosos. Es preciso retrotraerse a los comienzos del siglo XIV, conocer las supersticiones que atemorizaban a los navegantes y saber el rudimentario estado de la náutica de entonces, y aun de un siglo después[18], para admirar debidamente el coraje de los mallorquines que en el primer tercio de aquella centuria se arriesgaron a llegar al *mar tenebroso*; expediciones de las que no queda noticia fidedigna, pero sí del fruto de sus descubrimientos, en los primeros portulanos mallorquines. Tal, por ejemplo, el de Dulceti o Dulcert, fechado en Mallorca en 1339, que traza la costa africana en mayor trecho -dicen algunos- que los portulanos italianos, los cuales llegan sólo hasta el cabo Bojador, considerado como límite meridional del mundo.

Se daba por cierto, como hecho incontrovertible, que las comarcas ecuatoriales eran inhabitables por su sequedad y altísima temperatura, y se suponía la existencia de una *zona perusta*, de acuerdo con el dogma aristotélico.

Se tenía por verdad sólida que al sur del cabo Bojador (*caput fines Africae*), situado en la costa africana no lejos de las Canarias, se extendía el temible *Mar tenebroso*, en el cual la mezcla de las aguas hirvientes del trópico, con las frías procedentes del polo, producía espesa niebla de vapores que mezclada con las arenas del desierto acarreadas por los vientos formaba una masa impenetrable. El *finis mundi*se había desplazado algo desde la antigüedad, pero no pasó hacia S-O de esa barrera que se suponía infranqueable. Ya no era el precipicio que bordeaba el Ecumene de los griegos, pero significaba algo equivalente al terrorífico *pulmón marino*, que describe Estrabón en los confines boreales del mundo entonces accesible.

El pavor que inspiraba el cabo Bojador, tenía un fundamento real. Parece ser, en efecto, que más allá del Cabo se extiende una restinga de seis leguas de largo donde las aguas se quiebran, arremolinándose y formando «un hervidero de olas furiosas». Aquella extensión inmensa de espumas blancas -dice De Souza- hacía imaginar que el Océano, de allí adelante, se prolongaba siempre en un bullir continuo por el calor de la zona tórrida, tan ardiente y tan difícil que hacía imposible la vida en aquel lugar. Los mareantes contemplaban pensativos el páramo amenazador de espumas blancas, que llenaba la inmensidad con su rumor; después viraban de bordo y retrocedían.

> «Por historiador portugués- la preocupación constante de don Enrique era doblar el cabo Bojador. En 1433 mandó preparar una carabela cuyo mando dio a Gil Eanes, su escudero, para que traspusiese el Cabo. Gil Eanes siguió la ruta de costumbre, pero no tuvo la audacia suficiente para pasar adelante. Al año siguiente fue preparada otra expedición, y don Enrique hizo la misma recomendación; se realizó otro viaje para el gran paso; Gil Eanes, llegado allí, se decidió al fin a abandonar la costa, marchar al Oeste y seguir al margen de la sabana de espuma. Así llegó a su extremo; hacia el Mediodía tornaban a mostrarse las olas del mar glauco; por la popa, muy lejos, la tierra desaparecía en el horizonte de bruma; el piloto triunfante arrumbó al Sur (1434).»eso mismo -sigue diciendo el

Solamente el arrojo, que él consideraba suicida, del joven Gil Eanes, empeñado, aun a riesgo de perecer en la demanda, en reconquistar el favor del príncipe, con el cual había caído en desgracia, y la genial terquedad de éste, hicieron posible la hazaña que inició el período de los grandes descubrimientos. Pero si esto era grande y heroico en aquella fecha, la admiración sube de punto si se retrocede un siglo y se piensa en los intrépidos mallorquines que en los comienzos del siglo XIV realizaron quizá la misma hazaña (de la cual probablemente ya no había noticia en el siglo XV) de internarse en el pavoroso y espumante mar, de aguas en ebullición.

De tales expediciones, muy anteriores al 1400, hay pruebas positivas en lo que se refiere a fechas posteriores al 1300; pues ciertos relatos sobre expediciones más remotas no ofrecen garantía de autenticidad. Tal sería, por ejemplo, cierto documento de fines del siglo XII en que se afirma que los genoveses Vivaldi y Usodimonte llegaron hasta Guinea; pero según el escrupuloso Günther «no parece que ofrezca completa autoridad»[19]. Son, por el contrario, de indudable valor probatorio los documentos siguientes:

1. El portulano de Dulceti, Dulcert o Dolcet, trazado en Mallorca en 1339, en el cual figura ya un gran trecho de la costa africana.
2. La carta de Viladestes (1413), en la que se atestigua haber partido el 10 de agosto de 1346 una expedición de Jaime Ferrer para ir al Río de Oro[20] (¿en Senegambia?), declaración que revela el conocimiento de la costa situada al sur del cabo Bojador, y que está confirmada por un manuscrito conservado en Génova.
3. Una carta del Atlas catalán de 1375, en que figura la misma inscripción.
4. Hubo además una expedición de los navegantes franceses de Dieppe, subvencionada por las comerciantes de Rouen, que se supone pasó del cabo Bojador en 1364, llegando hasta Guinea[21].

Nada dice de esta expedición francesa el profesor Kretschmer, de la Universidad de Berlín, ni tampoco de las anteriores, en su conocida*Historia de la Geografía*, y probablemente por documentación incompleta llega a escribir que «en la Edad Media se reconocieron de nuevo las costas occidentales del continente; pero nadie había pasado del cabo Bojador, que por esta causa se designaba como *caput fines Africae*.»

En cambio Günther admite viajes anteriores de exploración de las costas africanas, aunque poniendo en duda los anteriores al 1300; y de la expedición francesa dice «que no se ha probado rigurosamente». Finalmente afirma que el famoso cabo Bojador «fue alcanzado hacia 1345 por un monje español, quien también tenía conocimientos de las islas de las Cabras o Azores».

Muchos datos ciertos e indicios probables hay, como se ve, en favor del descubrimiento y exploración de la costa africana un siglo antes de las expediciones lusitanas, y materia

abundante de discusión para los eruditos de las dos naciones ibéricas, hermanas pero no siempre fraternales; especialmente para los que subordinan el criterio objetivo y desinteresado de la verdad histórica al sentimiento patriótico, sin duda respetable, pero que nada contribuye a la exacta visión de los hechos, tales como han sido. La verdad, como toda luz, propende a refractarse; y nada más refringente que el amor y el odio.

Porque el punto discutido no es una bagatela histórica. Si la expedición de Jaime Ferrer en 1346, documentada en dos portulanos y un manuscrito es, como parece, real, y se dirigió hacia el Sur (¿más allá del mar tenebroso?), aunque no existen noticias del éxito que le cupo, prueba indudable es de exploraciones más antiguas, que parecen corroboradas por el portulano de Dulceti, fechado en 1339; y entonces resultaría que la serie entera de las muchas y penosas exploraciones costeras realizadas en vida de Enrique el Navegante no fue sino repetición de hechos ya realizados hacía un siglo, pero probablemente olvidados y desconocidos cuando este hombre extraordinario concibió, y en parte logró, realizar su grandioso proyecto, que había de elevar al pequeño Portugal a un grado de poderío, extensión y riqueza que raya en los límites de lo fabuloso[22].

Puesto que aquellas remotas cuanto admirables expediciones de mallorquines, franceses y quizá italianos carecieron de trascendencia histórica, como la obra de tantos precursores en otros órdenes de la cultura, que vivieron en el mismo siglo; y puesto que la superstición medioeval que impedía la expansión marítima perduraba en el siglo XV, a este gran organizador, que con inteligente tenacidad y por el más riguroso método experimental logró demostrar su inconsistencia, corresponde en justicia el título de *Padre de la Geografía Moderna*[23].

Rota ya la superstición, los descubrimientos geográficos se suceden vertiginosamente, y las expediciones enviadas por Don Enrique y después por el Rey Alfonso V avanzan más y más por el contorno de África, penetrando tierra adentro en el Sahara, el Senegal y el Gambia.

Cabo Blanco en 1441, Bahía de Argüin en 1443, Senegambia y Cabo Verde en 1445, Sierra Leona en 1447, y, después de la muerte del príncipe, Golfo de Guinea en 1469-71, el Congo en 1481; culminando la epopeya con la hazaña de Bartolomé Díaz, que en 1486 dobló el codo de las Tormentas, bautizado después por él como cabo de Buena Esperanza.

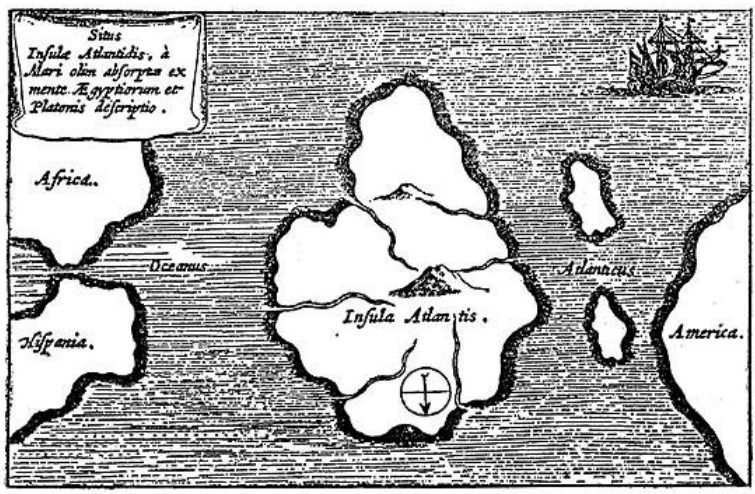
He aquí un nuevo descubrimiento geográfico de la más alta trascendencia. El África no se extendía, pues, hasta el Asia formando un todo conexo por el extremo Sur, sino que tenía un contorno meridional a modo de proa entre el Oriente y el Occidente. La *Terra incognita secundum Ptolomeum*, que figuraba en los mapas ocupando casi todo el hemisferio austral en forma de inmenso continente, quedó tachada de un plumazo por los nautas portugueses, o al menos empujada hacia el lejano sur del viejo continente, como las expediciones posteriores a Magallanes la alejaron del nuevo, quedando así relegada a la región polar, donde han seguido ocupando su hipotético lugar hasta nuestros días, en que los exploradores del polo han despejado definitivamente la incógnita obsesionante.

Descubierta la estructura del continente africano y explorado todo su lado occidental, nuevas expediciones se lanzan por su flanco oriental, llegando hasta entablar relaciones diplomáticas con el Negus de Abisinia, para establecer una especie de *protectorado*, como diríamos hoy, que no llegó a formalizarse con este *rey de reyes*; el cual, en su calidad de príncipe cristiano, era considerado como la personificación del legendario *Preste Juan*.

Mientras tanto, Colón maduraba su proyecto de encontrar al fabuloso personaje oriental navegando hacia el Oeste.

No encuadra en este trabajo la reseña de los descubrimientos geográficos bien conocidos[24], que a partir de 1492 cambian la faz del orbe; pero no dejaremos de establecer siquiera esta doble escala de valores.

El descubrimiento de América por las naves castellanas, fue hallazgo afortunado que recompensó un esfuerzo dirigido hacia otro fin bien planeado con los insuficientes conocimientos de la ciencia de entonces; pero hay tres descubrimientos en la larga serie de esta era mítica que tienen el más puro carácter de la resolución de un problema científico, tenazmente perseguido y felizmente logrado: la superación del cabo Bojador decidida por Enrique el Navegante, y lograda en 1434; el descubrimiento del mar del Sur, o sea el océano Pacífico, por Vasco Núñez de Balboa en 1513 y el descubrimiento del estrecho de Magallanes en 1520, coronado con la circunnavegación del globo.



La fabulosa Atlántica en la obra de Kircher (1665).

La cartografía

Materia sobrada daría este epígrafe para uno y aun varios volúmenes, pero debemos limitarnos a escasas y breves noticias.

Los primeros mapas medioevales son circulares, de acuerdo con la forma supuesta para el mundo habitado. Que algunos mapas, como el de Cosmas (S. VI), tengan forma rectangular, no quiere decir, a nuestro entender, sino que así limitaban convencionalmente lo representado, como hacemos hoy en nuestros mapas. Que en el mapa de Cosmas aparezca otro rectángulo a la derecha que representa el Paraíso, unido a aquél por ríos misteriosos, tiene un valor simbólico.

Redondos, ovalados o en forma de corazón, poco progresan en los primeros siglos los mapas medioevales; además de colocar el Paraíso en uno u otro lugar del Oriente, solían estar ilustrados con numerosas figuras de geografía física o política, especialmente con representaciones de hombres y animales monstruosos. Pero en el siglo XIV evolucionan rápidamente, al compás de las exploraciones de mallorquines, catalanes e italianos, y famosos son éstos: el de Visconti, o de Sanudo (1320), el Atlas de los Médici (1351), la carta catalana de 1375.

Ya en el siglo XIII habíase iniciado, sin embargo, un nuevo tipo de mapa más científico, con menos fantasías y figuras abigarradas, para representar las costas; son los mal llamados *portulanos*, *cartas de compás* o *loxodrómicas*, caracterizados por la encrucijada de líneas que los cruzan, radios de dieciséis rosas náuticas con sus centros dispuestos en circunferencia, mediante los cuales orientaban su rumbo los navegantes; son, en suma, las primeras cartas náuticas no sujetas a método ninguno de proyección, antes de que se

inventara el sistema de proyección que, gracias a Mercator, resolvió el problema de trazar el rumbo exactamente entre puntos cualesquiera.

La deformidad que salta a la vista, apareciendo contraídas las dimensiones N. S. (al revés de lo que acontece en las de Mercator) radica, al parecer, en haber utilizado datos españoles o portugueses para las costas del Atlántico, expresados en leguas, que al ser erróneamente reducidas a millas de portulano produjeron esa deformación[25].

He aquí la nómina de los portulanos más antiguos conocidos: la carta pisana del Mediterráneo, que se supone de fines del siglo XIII (alguien asegura que es de 1270); el atlas de Luxoro en Génova, de la misma época; la de Petrus Vesconte dibujada en Génova en 1311; la de Angelino Dalorto, en 1325; la de Giovanni Carignano, que se supone también de comienzos del siglo XIV; la de Angelino Dulceti, o Dulcert, o Dolcet, dibujada en Mallorca en 1339, cuyo autor parece ser italiano, a pesar de los esfuerzos de algunos eruditos españoles. Entre los italianos del mismo siglo XIV merece citarse Francesco Pizigano (1367-1373); finalmente, el mallorquín Guillermo Soleri (¿Soler?), que trabajó a fines del siglo, del que se conserva en Florencia una carta publicada en 1385 y otra en París.

En el siglo XV surge una pléyade de trazadores de portulanos: el mallorquín Viladestes, que tiene un portulano (algunos escritores españoles llegan a atribuirle la invención de la proyección de Mercator) fechado en 1413; los italianos Jacobo de Giroldis, Pietro delli Versi, Battista Becharius, Andrea Bianco, que trabajaron de 1422 a 1448; el mallorquín Gabriel de Valseca, de quien se conserva un portulano de 1439; Petrus Roselli (1447-65), Bartolomé Pareto (1455), Gratiosus Benicasa (1461-82), Andrea Benicasa (1476-90), Conte Freducci (1497), etcétera,

En el siglo XVI aumenta todavía el número, y entre ellos figuran los hermanos mallorquines Oliva, que trabajaron en Italia[26], pero en esa hora avanzada de la cultura geográfica y astronómica un nuevo tipo de cartas menos vistosas, pero más eficaces, venía a sustituir a los hermosos portulanos medioevales. De ellas nos ocuparemos después.

Positivo progreso significaron, sin embargo, estos beneméritos portulanos respecto de los mapas geográficos, maravillas de abigarramiento e inexactitud, mientras que en las cartas portulanas figuran solamente las costas conocidas y los mares surcados. La fantasía, que aderezaba las vagas noticias o las simples sospechas, se modera sensiblemente en estas primeras cartas náuticas, y pronto trasciende el ejemplo a los mapas terrestres. La honestidad científica se impone al fin sobre la ficción de conocimientos, y desde mediados del siglo XVI, a partir del gran Mercator, se borra todo lo fantástico y aun lo mal conocido, sin perder por ello aquella severa elegancia que hace de algunos mapas verdaderas joyas del arte gráfico.

Muchos problemas históricos plantea el interesantísimo tipo de carta portulana o de compás, precursora de la moderna carta náutica. Cuál sea el origen de ese nuevo modo de trazado es punto discutido por eruditos italianos y españoles, confundiendo frecuentemente, con el calor del entusiasmo puesto al servicio de una tesis patriótica, las cartas planas con los portulanos.

Otro punto en controversia es la existencia de un supuesto modelo, no se sabe si italiano o mallorquín, del que derivarían los portulanos conocidos, muy semejantes entre sí.

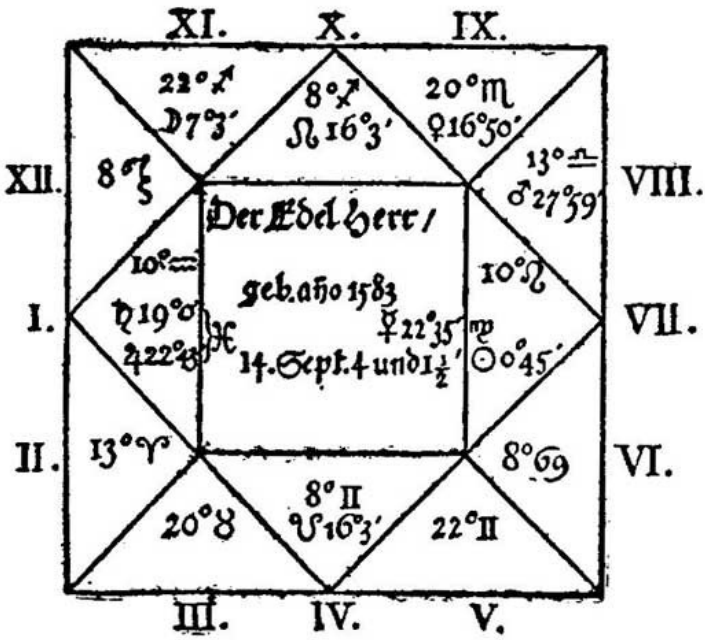
Tampoco se sabe bien cuándo ni dónde nace ese otro tipo de mapa marino, intermedio entre el portulano y la moderna carta de Mercator, que suele llamarse *carta plana*, y cuya existencia efímera es consecuencia de su grave imperfección, que en otro capítulo explicaremos.

Carta del Nuevo Mundo en la Cosmografía de Münster, de 1550. Obsérvese cuán cercano de América aparece Zipango (Japón), por la errónea apreciación de longitudes.

Y finalmente se discute, con razones, con hipótesis y hasta con denuestos, la paternidad de las modernas cartas marinas, llamadas*esféricas*, cuya ingeniosa invención atribuyen algunos ingleses a Wright, y los españoles reivindicanpara Alonso de Santa Cruz y Martín Cortés; pero que en plena justicia lleva bien puesto, como veremos, el nombre del flamenco Gerardo Kremer (Mercator), padre de la cartografía moderna.

No más justificadas que las pretensiones españolas están las portuguesas[27]. Algún historiador entusiasta, deseoso de acrecer la gloria de Pedro Núñez, que no necesita de tales recursos, deja entrever que, por mediación del inglés Dee, Mercator se inspiró en la idea de las cartas parciales (quarteladas) con que el gran cosmógrafo lusitano pretendió salvar la desigual dilatación sufrida por los paralelos en las cartas cilíndricas, adoptando escala distinta para cada trozo; pero entre esto y la genial idea de Mercator, media un abismo comparable al que señalaremos en el pertinente capítulo. Todos los empeños de españoles y portugueses en este problema no pasaron de ser meritorios esfuerzos malogrados; y son vanas todas las desfiguraciones de la realidad.

La cosmografía y la náutica

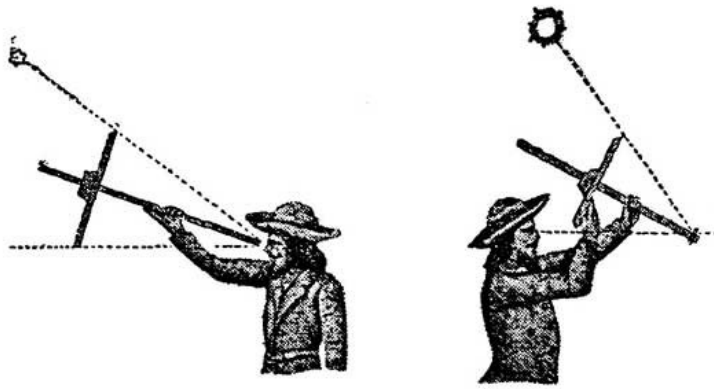


Horóscopo hecho por Kepler en 1608 para el señor de Wallenstein.

Durante la Edad Media la Astronomía era cultivada casi exclusivamente como ciencia auxiliar de la Astrología. El trazado de horóscopos así lo exigía, mientras que la navegación costera podía realizarse con muy escasos conocimientos cosmográficos. Digamos breves palabras sobre los problemas que fue planteando la navegación de altura, los cuales produjeron considerable avance en la técnica náutica[28].

El instrumento astronómico fundamental de los navegantes era el astrolabio plano, disco circular graduado, con alidada giratoria, que permitía tomar alturas y medir azimutes en tierra firme, pero de difícil manejo en el mar. Tan inseguras eran sus determinaciones que el piloto Bartolomé Díaz, que dobló por primera vez el Cabo de Buena Esperanza, se vio obligado a desembarcar en la bahía de Santa Elena, principalmente para asegurarse de la latitud con observaciones más fidedignas[29].

Mientras el astrolabio puede considerarse como el teodolito primitivo, el precursor del sextante es el rudimentario *bastón de Jacob*, de más fácil manejo y de gran utilidad en manos expertas. Con uno u otro, el error cometido en la medición de alturas y azimutes era del orden del medio grado.



Manejo de la ballestilla hacia adelante y hacia atrás.

El astrolabio mide directamente el ángulo; en cambio la ballestilla o bastón de Jacob lo determina por la tangente de su mitad; en el eje o flecha del aparato va grabada una escala que da la graduación sexagesimal[30]. A juzgar por los dibujos que representan su manejo hacia adelante y hacia atrás, es probable que llevara un pequeño espejo en el extremo de la flecha para ver al sol por reflexión, pues no parece que por la simple sombra lograran determinar la altura. Tendríamos, pues, el primer sextante rudimentario.

Los astrolabios planos terrestres usados por los árabes eran discos metálicos de unos 15 cm de diámetro, pero al aplicarlos a la navegación fue muy aumentado su tamaño y su peso, a fin de darles mayor exactitud y estabilidad[31]. Tan rudimentario aparato armado sobre un gran trípode es el astrolabio *de palo* a que se refieren las crónicas de la época.

El astrolabio terrestre llevaba en el reverso una proyección estereográfica de la esfera celeste correspondiente al lugar, de tal suerte que las estrellas principales visibles sobre el horizonte estaban representadas, y la simple lectura en el anverso de la altura de una estrella, enfilada con la alidada móvil, permitía determinar gráficamente la hora en este nomograma grabado en el reverso. Pero este método era inservible en la navegación, y en lugar de la proyección de la esfera celeste figuraba una tabla de declinaciones del sol correspondientes a varias épocas del año. El problema de la latitud quedaba así resuelto en tiempo despejado; de día por la altura del sol a mediodía, y de noche por la altura del polo; pero la grave dificultad se presentaba en la determinación de la longitud, magno problema que preocupó a los cosmógrafos de todos los países y que ni siquiera Galileo llegó a resolver de modo práctico, como después veremos.

En 1480 el rey Juan II de Portugal organiza una *Junta dos mathematicos* para el estudio de los problemas de la navegación, y de Nüremberg viene contratado a Lisboa para incorporarse a ella el maestro Martín Behaim, que parece ser discípulo del Regiomontano y conocido constructor del primer globo terrestre (1492)[32].

Algunos historiadores han atribuido al maestro alemán el progreso de la Náutica en Portugal, pero la afirmación es del todo inexacta, según está perfectamente demostrado. Mucho antes había logrado la Junta la colaboración del famoso judío salmantino Abraham Zacuto, profesor de Astronomía en la Universidad de Zaragoza, que influyó decisivamente con sus investigaciones en el prodigioso progreso de la Náutica[33]. Su *Almanaque Perpetuo* de los tiempos sirvió de base para el cálculo de las efemérides que utilizaron con notorio éxito españoles y portugueses. Los «Regimentos» utilizados por los marinos portugueses, modelos de simplicidad práctica, fueron, según Gomes Teixeira, calculados por el judío José Visinho (Vecino), discípulo de Zacuto y miembro de la Junta de matemáticos antes citada. Las tablas de estos Regimientos de navegación están, en efecto, en desacuerdo con las Efemérides de Regiomontano y también con otras tablas del mismo autor, y en cambio armonizan perfectamente con las tablas del Almanaque de Zacuto. Además, el método para determinar las latitudes, que se dice haber enseñado Behaim a los portugueses, era ciertamente conocido ya en la Península por encontrarse en los *Libros del*

saber del Rey Alfonso[34]. El mérito más sobresaliente del maestro alemán parece haber sido su destreza en el manejo de la ballestilla para tomar alturas de los astros y su habilidad para trazar mapas.

La conclusión a que llega el eminente matemático portugués es la siguiente: «La Astronomía náutica es ibérica y su origen está en los Regimientos de las navegaciones portuguesas. Resultó de la colaboración de Zacuto con los náuticos de la Junta de Matemáticos de Lisboa y en especial con José Visinho, y es una aplicación de las doctrinas de origen grecoarábigo, contenidas en la gran obra de Alfonso X».

En efecto, la tradición científica tenía raíces muy antiguas en los dos países ibéricos, y el estudio de la Náutica no fue, como suele creerse, improvisado por el magno hallazgo del continente americano, aunque evidentemente estimulado en grado sumo.

Baste recordar el decisivo influjo que en el pujante desarrollo de la Náutica balear, de cuyas increíbles proezas ya nos hemos ocupado, ejerció el genial polígrafo Raimundo Lulio, «que mereció por sus tratados de aritmética y geometría, de astronomía y música, de navegación y de milicia, escritos y publicados algunos de ellos en París, un lugar muy señalado en la historia de nuestros conocimientos náuticos. El*Arte de navegar*, que escribió y mencionan Nicolás Antonio y otros bibliógrafos, no ha llegado a nuestros tiempos; pero es de presumir que a la doctrina que nos dejaron los antiguos reuniese los conocimientos que le sugirió su propia práctica y observación en las repetidas navegaciones y viajes que hizo al Asia, al África y a varios reinos de Europa, y el trato que tuvo con los cruzados, especialmente con las repúblicas de Italia, que tan célebres se hicieron en aquella edad por su poder y pericia en la navegación. Compréndese, en efecto, por la doctrina que vertió en otras de sus obras, cuán sólidos eran los principios en que fundaba la ciencia náutica, la cual derivaba de la geometría y aritmética, demostrándolo con variedad de figuras y útiles aplicaciones, entre las que merece atención un astrolabio que trazó, utilísimo para que los navegantes conociesen por él las horas de la noche, y una figura que inventó, constituida en ángulos rectos, obtusos y agudos, en la que, conociendo el rumbo que sigue una nave y su andar según el viento que sopla, deduce, por una operación práctica y sencilla, el punto de llegada o el lugar en que se halla en medio de los mares en un momento o tiempo determinado: invento admirable que acaso fue el origen del cuartier de reducción»[35].

Avanzando más en el tiempo, basta recordar que en 1412, es decir, 68 años antes de la llegada de Behaim, el infante Don Enrique había creado la famosa estación naval de Sagres, verdadera Escuela Náutica, que parece ser la primera en la Historia, y llamó a regentarla al famoso cosmógrafo mallorquín Jaime o Jácome de Mallorca, experto en construcción de brújulas y en el trazado de las cartas de mareas. La Junta de matemáticos vino a proseguir esta tradición, y de ella surgieron figuras como Duarte Pacheco Pereira, Juan de Lisboa, Francisco Faleiro[36], autores todos de libros de Náutica, constelación que alcanza brillo sin igual al aparecer en el siglo XVI Pedro Núñez, astro de primera magnitud y quizás el primer cosmógrafo de su época, de quien son dignos colegas los españoles Pedro Medina y Martín Cortés[37].

El rechazar con estas citas de rancio iberismo el exagerado influjo que los historiadores alemanes atribuyen a su cosmógrafo, no implica desconocer el importante papel que Martín Behaim, geógrafo, viajero y navegante, desempeñó en el descubrimiento.

Bastaría citar el diario de Pigafetta[38], donde se declara el conocimiento que ya tenía Magallanes del estrecho sudamericano, lo que explicaría su decisión a internarse en él, seguro de su salida al Mar del Sur, a pesar de que «toda la tripulación creía firmemente que el estrecho no tenía salida al oeste»; y este conocimiento lo tenía por una carta de Behaim (de Martín de Bohemia[39], dice el relator), que había consultado en la Tesorería del Rey de Portugal.

Como muestra curiosa del criterio con que suelen juzgarse estas cuestiones históricas, citaremos dos afirmaciones, tan rotundas como opuestas acerca del significado del discutido cosmógrafo.

El historiador Otto asegura y aún pretende probar en una monografía científica, que no fue Colón quien descubrió América, ni Magallanes quien encontró el estrecho, para llegar a las Indias por occidente; y que el mérito de tales descubrimientos se debe únicamente a Martín Behaim de Nüremberg. Y aduce como principal fundamento una crónica de Nüremberg, de fecha desconocida (y por tanto de dudoso valor), en la cual se lee este párrafo relativo al cosmógrafo alemán: «Descubrió las islas de América antes que Colón, y el estrecho que tomó en seguida el nombre de Magallanes antes que Magallanes mismo»[40].

Situado en el polo opuesto de la crítica, Murr, en su *Notice sur le chevalier Martín Behaim, célèbe navigateur portugais* (sic), asegura que su biografiado no tuvo nunca la menor idea del estrecho de Magallanes, basándose en no haber encontrado rastro de tal documento en el archivo de sus herederos; y además porque en el globo terráqueo que donó a la villa de Nüremberg «puede verse claramente que Martín Behaim no sospechó siquiera la existencia de América».

Es muy cierto que en 1492, fecha en que ejecutó por encargo de los tres burgomaestres de la ciudad su célebre «manzana terrestre», no sospechaba la existencia del nuevo mundo; pero no puede decirse lo mismo varios años después de los primeros descubrimientos, en que participó directamente; y parece ya bien averiguado que Behaim había indicado, en efecto, la existencia del estrecho a los 40º de latitud sur, con error tan enorme como explicable por las vagas noticias en que podía basarse[41].

No solamente el bien documentado cosmógrafo, tanto por su ciencia como por su preeminente posición en la corte portuguesa, pudo sospechar la existencia del estrecho vanamente buscado por Solís en 1514, sino que también figuraba ya en 1515 -según Wieser- en un mapamundi de Leonardo de Vinci, así como en el globo terráqueo de Juan Schoener.

No demuestran tales datos que algún otro navegante hubiera llegado antes que Magallanes al estrecho; prueban simplemente que había ya una creencia, cada vez más arraigada entre los doctos, de la que participaban Magallanes y sus dos pilotos Jorge y Pedro Reinel, cuyo mapa, con el proyecto de viaje de circunnavegación, convenció plenamente a Carlos V. Repugnaba a todos la idea de un continente extendido de polo a polo, y la orientación de las costas del Mar del Sur, de O. a E., ya observada desde que las descubrió Balboa, más la analogía con el viejo continente doblado por Bartolomé Díaz en su punta austral, hacían sospechar que algún brazo del mar habría de separar el nuevo mundo del supuesto continente austral. Lo que no podía sospecharse en aquel entonces es que la Tierra al sur del estrecho descubierto por Magallanes fuera tan menguada e insignificante, como después se averiguó.

Blasón de Sebastián Elcano: *Primus Circvmdedistime*.

Fue el azar de un vendaval, que empujó el navío de Francisco de Hoces, en 1526, desde la embocadura del estrecho hacia el sur, el que descubrió en lontananza el cabo que un siglo después bautizaron los holandeses con el nombre de su ciudad Hoorn. Cuando Hoces vio que más al sur había mar libre, declaró que allí estaba el término de la tierra. El viejo y el nuevo continente quedaban así equiparados, y el enorme cuanto hipotético continente austral fue empujado mucho más hacia el sur, en la concepción geográfica del mundo, aunque el descubrimiento de Francisco de Hoces permaneció largamente ignorado, y la insignificante Tierra del Fuego subsistió por todo el siglo en los mapas, ocupando todo un inmenso casquete antártico.

El descubrimiento del estrecho, no por un azar del destino, como lo fueran las Antillas, sino como fruto maduro de un plan metódico y científico basado en datos e hipótesis, agranda por tales circunstancias, que sólo un juicio superficial podría considerar peyorativas, la figura de quien concibió el «viaje marítimo más grandioso y temerario que nunca se haya emprendido».

Geodesia y física del globo

Procuraremos trazar la línea divisoria más nítida posible entre las aportaciones originales a la Cosmografía, la Geodesia y la Técnica náutica en primer término, reseñando en segundo lugar los trabajos meramente expositivos, tarea nada fácil en verdad, pues los historiadores parecen haber puesto especial empeño en mezclar y confundir las diversas jerarquías de la actividad científica de los colonizadores y navegantes.

Prototipo de sabio humanista es Antonio de Nebrija, «que después de haber estudiado cinco años en Salamanca las ciencias matemáticas con un tal Apolonio, las físicas con Pascual de Aranda, y las éticas con Pedro de Osma, pasó a Roma a los 19 años, se apoderó de las nuevas luces que esparcían los orientales, y perfeccionado en los conocimientos que adquirió en España, acrecentados con el de las lenguas griegas y hebrea, recorrió todo el

círculo de la erudición y volvió a ser el restaurador de la lengua latina, de las humanidades y de las ciencias»[42].

No citaríamos, sin embargo, al famoso gramático en este lugar si no fuera por atribuírsele mediciones de un arco de meridiano, para corregir la medición hecha en Francia por Oroncio Fineo[43] determinando previamente con exactitud la unidad de medida.

En un documento artículo Luis Vigil y Pedro Ruiz Aizpiri (Rev. mat. hisp. amer., 1944) rechazan esas supuestas mediciones geodésicas, pues aceptan sin discusión la cifra de Posidonio (1º = 500 estadios) y su propósito era más bien la determinación de un patrón para la medida de longitudes[44].

Gran incertidumbre existe para juzgar de las mediciones geodésicas realizadas por los griegos, que tanta influencia habían de ejercer en el pensamiento de Colón. He aquí los resultados obtenidos como longitud de la circunferencia terrestre:

Eudoxio	.....	400.000	estadios
Dicearco	.....	300.000	estadios
Eratóstones	.....	252.000	estadios
Posidonio	.....	180.000	estadios

Según cálculos autorizados, la longitud dada por Eratóstenes vendría a equivaler a 39.690 kilómetros, es decir, su error sería muy inferior al 1%, magnífica coincidencia que más bien parece casual. En cambio, la cifra dada por Posidonio, y aceptada por Tolomeo, acusa un error de más de un tercio, y fue este grosero error el que hizo posible el descubrimiento del nuevo mundo, por ser las medidas adoptadas por Tolomeo las únicas que al parecer conocía el florentino Paolo del Pozzo Toscanelli, a quien llama Kretschmer el «descubridor intelectual de América».

En efecto, en su carta de 1474 dirigida al confesor de los reyes portugueses, expone su plan de llegar al «país de las especias», esto es, a la India oriental, navegando hacia el oeste. En el mapa enviado a Colón por Toscanelli hacia 1479, calculaba que la distancia entre las costas occidentales de Europa y las orientales del Asia era de 230º de longitud geográfica, o sea aproximadamente 2/3 de la circunferencia terrestre, y por tanto faltaban solamente 130º, navegando en el sentido opuesto[45].

Tal fue la errónea sugestión, basada en erróneos datos, que encontró en la formidable energía de Colón el brazo ejecutor. Dada la creciente divulgación de otros clásicos griegos que daban medidas diferentes, no son de extrañar las serias objeciones que tan grandioso cuanto absurdo plan encontró en algunos eruditos, sin contar la natural resistencia debida a prejuicios de toda índole.

Tal es el punto de vista de casi todos los historiadores, que pasa de texto a texto, sin análisis crítico; pero los estudios más recientes presentan las cosas de otro modo. Según Bigourdan, Kretschmer y otros, la cifra dada por Posidonio no fue 180.000, sino 240.000, la cual representaría una excelente aproximación con error inferior a 6%. La explicación residiría simplemente en la existencia y uso de dos estadios diferentes, cuya razón sería ¾ y quedaría así establecido que los griegos tenían una idea muy aproximada de las verdaderas dimensiones del globo. Lo cierto es que al pasar tal cifra de 180.000 estadios a la obra de Tolomeo y al ser mal interpretada por Toscanelli, se produjo la más fecunda confusión que registra la Historia. De haber sido algo más completa la cultura del gran visionario y la de su consejero no habría emprendido el descubrimiento de la más corta vía hacia el Asia[46].

Porque el error de Toscanelli fue doble: suponía el viejo continente demasiado grande y el globo terráqueo demasiado pequeño, y al sumarse ambas reducciones del trayecto por recorrer, se hacía factible y hasta fácil el imposible proyecto.

Veamos las cifras; según Tolomeo el Ecumene, medido sobre el paralelo de Rodas, medía 72.000 estadios, entre el cabo de San Vicente y Cattigara, extremo punto oriental conocido; pero admitida la longitud de 180.000 estadios para el ecuador, que se reduce a 144.000 en la latitud de dicho paralelo, sólo restaban otros 72.000 estadios para llegar de E a O por dicho paralelo (que pasa por el estrecho de Gibraltar), llegándose así al Extremo Oriente con solo navegar 180º.

Con ser ya considerable este error, fue aumentado todavía. Aun los hombres de ciencia más severos, cuando se apasionan por un problema, procuran inconscientemente modelar la realidad a la medida del deseo; y para acercar más el lejano oriente, el gran cosmógrafo italiano aceptó la medida más extrema entre todas las antiguas: la de Marino de Tiro, que extendía el ecumene hasta 225º, en vez de los ya exagerados 180º de Tolomeo; restarían, pues, 135º, o sea poco más de un tercio de la circunferencia. Y como en los catorce siglos trascurridos desde Marino de Tiro, los viajes de los Polo y de otros exploradores habían descubierto el Cipango (Japón) y otras islas, que acortaban la distancia en más de 40º, resultaba en definitiva un arco de 85º, menos de la cuarta parte de la circunferencia, para realizar el magno descubrimiento.

Reducida así enormemente a menos de la mitad la amplitud del trayecto (que en realidad es de más de 200º, sin contar la imprevista muralla del nuevo mundo), resultó el mapa de Toscanelli verdaderamente tentador para quien ya se había propuesto realizar el antiguo proyecto de Orosio y de Séneca[47]. Acortados todavía esos pocos grados de trayecto marítimo por la errónea longitud asignada a la periferia terrestre, tanto por Toscanelli como por Colón y Behaim (longitud que era aproximadamente ¾ de la verdadera), resultaba en definitiva un trayecto de 1.200 leguas hasta la costa de Asia, aun recorrido sobre círculo máximo; y Colón calculó que en cinco semanas podría navegar fácilmente las 1.000 leguas escasas que según su cuenta distaba el Cipango de las Canarias.

Planeado así el viaje, quiso el azar que fuera justamente ese plazo de cinco semanas el que duró su viaje desde su partida de la isla Gomera (Canarias), el día 6 de septiembre, hasta el memorable 12 de octubre; coincidencia que lo afirmó en la ciega fe que siempre tuvo en sus cálculos.

Sólo quienes ignoraban las sólidas razones en que el genial navegante apoyaba su convicción, así como el merecido prestigio de su asesor y el riguroso método científico con que estudió su plan, podían tener dudas de no haberse alcanzado la meta propuesta. Bien se explica, pues, su terquedad, que no era sino fe en la ciencia de su tiempo, como hoy la tenemos en la del nuestro; confianza en el saber de Toscanelli y de Behaim, como hoy la depositamos en los más sabios especialistas.

El rechazo del proyecto colombino por parte de los teólogos está justificado; y también lo está que igualmente procedieran quienes, más documentados en la antigüedad clásica, conocieran las cifras geodésicas y la extensión del ecumene dadas por otros geógrafos griegos. ¿Cuál de ambas posiciones ocupaban los sabios de Salamanca que desecharon su plan? Carecemos de documentos para fundar una contestación, pero algo diremos en el capítulo final sobre el apasionante tema.

Sin salir del campo geodésico es interesante la teoría de Colón sobre la forma de la tierra; pues «aunque Tolomeo y otros aseguraron que el mundo era esférico, comprobándolo con los eclipses de luna, con la elevación del polo del septentrión en austro y con otras demostraciones, él opinaba que no era redonda, como decían, sino en la forma de una pera, cuya parte más elevada estaba debajo de la equinoccial en el nuevo hemisferio, y que por esto, aun pasando la línea o meridiano occidental que demarcaba, iban los navíos alzándose

hacia el cielo insensiblemente, gozando de un temperamento más suave, lo que producía la alteración de las agujas...»[48].

Esta teoría del Almirante se apoyaba en argumentos de varia índole; además de la variación magnética que descubrió en su primer viaje (13 de septiembre de 1492), le afirmó en su tesis el fabuloso caudal del río Orinoco, que le indujo a situar el paraíso terrenal cerca del golfo de Paria en que aquél desemboca, suponiendo que tal región coincidía precisamente con la prominencia que, según su teoría, formaba el globo en el hemisferio Sur, cerca del ecuador, desde la cual descendía tan inmenso caudal, seguramente uno de los cuatro grandes ríos que del paraíso salían para dividir la tierra, según describe el Antiguo Testamento[49].

No entraremos a juzgar la valía teorética de esta hipótesis de Colón, pero es oportuno citar la alta opinión que sus conocimientos merecieron a sus contemporáneos[50], los elogios que le tributan algunos historiadores por estas teorías, por sus cálculos de la relación entre la superficie de los mares y los continentes, por sus hipótesis sobre la formación de los archipiélagos y por su constante preocupación de estudiar en todos sus aspectos las tierras aportadas a la corona española[51].

Sin aceptarlos ni rechazarlos, nos parecen de mucho mejor sentido que su teoría geodésica ciertas observaciones que le condujeron a darse cuenta de la magnitud del mundo nuevo. Tal, por ejemplo, cuando, abandonando por el momento su hipótesis del paraíso y de la prominencia del globo de donde descendía el inmenso caudal, dice que río tan grande, el mayor de todos los conocidos, debía provenir de «tierra infinita».

Y digna de encomio es también, como observa Günther, su teoría de que el primitivo istmo que uniera la parte septentrional y meridional del nuevo continente, que él suponía era Asia, se fue deshaciendo parcialmente por la acción de los mares, quedando sobre las aguas una cadena de islas.

También debe destacarse entre sus observaciones el descubrimiento de la gran corriente ecuatorial, y no menos conocida es su teoría de la variación magnéticas de la aguja, que fue observada en su primer viaje, notando no solamente su desviación del meridiano, sino la *variabilidad en función del lugar*. Las investigaciones de Wolkenhauer[52] y otros permiten asegurar que la variación magnética era ya conocida; pero siempre debe reconocerse al Almirante el mérito de haber estudiado las alteraciones de esa variación. Es juicio corriente que en su explicación no anduvo muy afortunado, por atribuirlo al movimiento de la estrella polar haciendo intervenir el aire, la temperatura y otros factores; pero la verdad es muy distinta, como en otro lugar demostraremos.

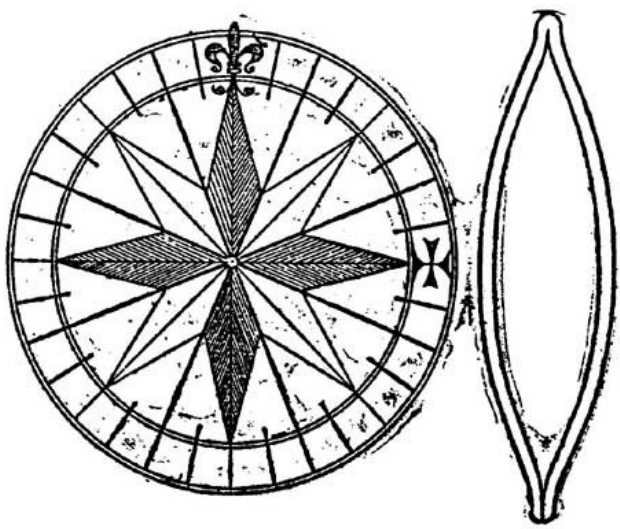
Otra teoría formuló el cosmógrafo Martín Cortés en su «Breve compendio de la sphera y de la arte de navegar», publicado en 1551, y que durante mucho tiempo fue el texto preferido por los ingleses. Explica Cortés que la aguja magnética no se dirige hacia el polo de la tierra, sino a otro polo celeste; y lejos de comulgar en la opinión de otros cosmógrafos de la época que negaban la existencia de la desviación magnética, tales como el propio Núñez, Pedro Medina, Pedro Sarmiento[53], y otros famosos cosmógrafos de diversos países, según reconoce Wolkenhauer, advierte a los pilotos que es indispensable tener en cuenta la variación de la aguja y que todas las maniobras para corregirla son perjudiciales[54], y finalmente enseña cómo se debe hacer girar la rosa náutica para que la aguja señale sobre ella el verdadero rumbo[55].

También merece consignarse la honrosa citación que Alejandro Humboldt hizo del cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, que en 1530, es decir, medio siglo antes que Halley, emprendió el trazado de una carta de las variaciones magnéticas, aunque, según sus propias explicaciones[56], se trataría más bien de una tabla de valores anotada al margen de una carta.

Suponiendo que la declinación variara proporcionalmente con la longitud geográfica, anotó en diversos meridianos la cuantía de su respectiva declinación. Es la misma idea que

Sebastián Caboto decía haberle sido inspirada por revelación del cielo, en la cual cifraba grandes esperanzas de poder determinar infaliblemente la longitud geográfica; y es la misma que aparece en el dispositivo mixto de brújula y gnomon, presentado por Felipe Guillén en 1525 al rey de Portugal con el mismo objeto de poder determinar la longitud, mediante la declinación.

Como Caboto fue profesor en la Casa de Contratación desde 1518, hay materia abundante de discusión sobre la paternidad de la idea, que cada historiador reivindica para su compatriota; pero a decir verdad no se debe gastar mucha pólvora disparando salvas en honor de uno más que de otro, pues tal idea no pasó de ser un buen deseo de todos ellos y aun de otros muchos, comenzando por el propio Colón (2º viaje, 1496), y siguiendo con Vespucio (1499?).



Construcción de la rosa y su aguja, según Martín Cortés, 1551.

No falta quien atribuye la invención del método a Pigafetta, mientras los portugueses la reivindican para Faleiro, el compañero de Magallanes; pero ciertamente fue el gran Juan de Castro quien estudió más a fondo el problema, haciendo larga serie de observaciones hacia 1538, hasta comprobar su ineficacia[57].

Por desgracia, la declinación no es función de la longitud, sino de ésta y de la latitud, y las líneas isógonas son muy complicadas y ni remotamente se asemejan a los meridianos; pero es claro que esto se ha sabido después, y justo es, por tanto, asignar a todos ellos un puesto en la historia de los intentos fallidos para resolver el difícil problema. De él nos ocupamos a continuación.

El problema de las longitudes geográficas

El problema de la determinación de longitudes geográficas fue uno de los que más preocuparon a los navegantes ibéricos. La cuestión alcanzó máximo interés cuando el tratado de Tordesillas en 1494 fijó como divisoria de las conquistas españolas y portuguesas el meridiano situado a 370 leguas al O. de las islas de Cabo Verde; y encargado el cosmógrafo catalán Jaime Ferrer de trazar esta línea ideal, hubo de ingeniarse para resolverlo, dando para ello dos métodos prácticos.

El primer método consistía en «que partiendo una nave desde las islas de Cabo Verde con rumbo al O ¼ NO caminase en esta dirección hasta que la elevación del polo boreal fuese

de 18º 20' donde estaría a 74 leguas o 3º 20' al Norte del paralelo de aquellas islas; desde allí navegando al Sur hasta que el polo del Norte se elevase 15º se hallaría justamente en el paralelo que se buscaba y termino de las 370 leguas. Previene la insuficiencia de la carta de navegar para esta demostración, la necesidad de formar para ella un Mapamundi tal como el que presentaba; y la instrucción que se requería de la aritmética, cosmografía y matemáticas, para entenderla y apreciarla».

El segundo método que propone como menos seguro consistía en «que partiendo de las islas Cabo Verde en dirección al Oeste una nave con veinte marineros escogidos, diez por cada parte, y llevando cada uno privada y reservadamente su derrota de estima, el primero que llegase al punto de las 370 leguas lo dijese a uno de los dos capitanes, que debían ser hombres de conocimientos y de confianza, para que oyendo a los demás y estando conformes tomasen desde allí la derrota al Sur, y cuanto hallasen a mano izquierda hacia la Guinea sería del Rey de Portugal»[58].

El mismo problema preocupó al portugués Francisco Faleiro y al español Andrés de San Martín, que realizó numerosas observaciones astronómicas para rectificar el almanaque. Para dar idea de la imperfección de las tablas astronómicas que estos esforzados navegantes procuraban corregir, baste saber que la diferencia de longitud entre Río de Janeiro y Sevilla calculada por Andrés de San Martín mediante la distancia lunar de Júpiter era de 17 h. 15 m., cerca de 270º al O; de modo tal que la posición de la capital brasileña, calculada por método rigurosamente científico mediante las Efemérides más fidedignas y acreditadas[59], venía a quedar al sur de la India[60].

No fue tan grave el error de los consejeros del Papa Alejandro VI cuando en su famosa bula (1493) fijó la «línea de demarcación» entre las exploraciones portuguesas y las españolas, trazando un meridiano a 100 leguas al O de las islas de Cabo Verde[61]. De haber sido respetada, el Brasil, que está situado al O de la línea, sería hoy un país de lengua española; pero el tratado de Tordesillas (1494), convenido entre ambos competidores, la desplazó 270 millas más hacia el Oeste; modo de demarcación difícil de mejorar, pero que superaba los conocimientos cosmográficos del tiempo. Como dice Günther, fue la primera vez que se hizo una partición de la Tierra tomando una línea precisa; la dificultad estaba en determinarla.

Varios son los métodos que enseñan los actuales tratados de Astronomía: 1º Por transporte de relojes, método que suele atribuirse a Alonso de Santa Cruz, pero en verdad pertenece a Fernando Colón (1524); imposible antes de la invención del cronómetro[62]; 2º Por las distancias lunares a diversos planetas; tal fue el que siguió Andrés de San Martín, con el desconcertante éxito antes señalado de situar Río de Janeiro en un meridiano de la China; tales eran las tablas de los movimientos de la luna y los planetas que conducían a tan pintorescos resultados; 3º Por los eclipses de los satélites de Júpiter, los cuales no fueron descubiertos hasta el siglo XVII por Galileo.

Para poder valorar en justicia la obra de los nautas ibéricos, daremos algunos datos sugestivos de tiempos más modernos: el barco que conducía al embajador de Luis XIV se extravió cerca de las Azores por no poder determinar la longitud; y a fines del siglo XVII, en pleno 1680, los mapas de Francia ofrecían una curiosa variedad de meridianos de París, que unos hacían pasar por Valence, situada a 2º 23' al O.; otros por Montpellier, que está a 1º 33' al E., y otros por Mirepoix, que sólo difiere en 28' al O. de París[63]. Finalmente recordemos que la Academia de Ciencias de París tuvo que rectificar el mapa de Francia, cuya costa Oeste hubo que retirar cerca de 2º de longitud hacia el E., mermando el dominio del Rey Sol en una zona cuya anchura excedía en muchos puntos de 150 km.

Ante estos datos, posteriores en casi dos siglos a la bula de 1494, nos parecen menos empíricos y más meritorios los dos métodos que Ferrer proponía para trazar la línea de demarcación.

Y también merece especial mención el que hubo de inventar Pedro Sarmiento de Gamboa, para determinar la longitud, cuando en marzo de 1580 se extravió en mar tempestuoso, teniendo que idear con la premura del peligro inminente un nuevo tipo de ballestilla y un método de cálculo de longitud, utilizando la luna y el sol, únicos astros visibles, logrando con su improvisación salvarse de tan crítica circunstancia[64].

Imperdonable sería no citar siquiera el gran concurso abierto en 1598 para premiar la resolución del magno problema náutico del siglo, que muchos consideraban como «límite puesto por Dios a la inteligencia humana». «Seis mil ducados de renta perpetua, dos mil más de vitalicia y mil de ayuda de costa, amén de la gloria, eran cebo suficiente para atraer sabios de todos los países y avivar el ingenio de una caterva de inventores y de arbitristas»[65], pero fueron vanas todas las tentativas hasta la invención del péndulo compensado en 1724[66]; que dio simplicísima realización al método propuesto por Don Fernando Colón en la Junta de Badajoz (1524).

Mientras tanto, el propio Galileo se ofreció insistentemente para ir a España con el doble fin de resolver el problema mediante la observación de los satélites de Júpiter y hacer propaganda de sus catalejos[67]; pero dificultades deorden político con el duque Cosme de Médicis (que quiso aprovechar abusivamente el prestigio del gran florentino), y la ineficacia del método astronómico mientras no se dispusiera de tablas adecuadas, impidieron el deseado viaje.

Antiguo zodíaco árabe.

La injusticia del reproche que Libri, Poggendorff..., hacen a Felipe III salta a la vista con sólo recordar tres hechos: la extorsión ya mencionada[68] del gran Duque; el fracaso de la expedición de astrónomos enviada a Italia por la Compañía de Indias Orientales para aprender el método, y el reconocimiento de su ineficacia práctica por Vincenzo Renieri, que prosiguió los trabajos después de la muerte del maestro.

Las cartas náuticas

Capítulo importante es el relativo a las cartas marinas o hidrográficas, que algunos historiadores confunden con las terrestres, haciéndolas datar, por ende, de tiempo excesivamente remoto. Distínguense de ellas en que los meridianos están representados por rectas paralelas; deformando, por tanto, muy considerablemente las distancias de los parajes lejanos del ecuador, deformación que no interesa para pequeñas travesías. La invención de tales cartas, llamadas *planas*, ha sido atribuida frecuentemente al infante Don Enrique de Portugal[69].

Punto es éste que fue ampliamente tratado por Fernández de Navarrete, quien rechazó decididamente tal afirmación, pues es bien sabido que para el trazado de cartas llamó el Infante al maestro Jaime (o Jácome) de Mallorca, que dominaba ese arte, y las cartas que se atribuyen al Infante fueron trazadas por el citado maestro mallorquín[70]. «Pero sobre todo -dice Navarrete- tenemos noticias de otras cartas planas anteriores y coetáneas de varios marinos mallorquines, catalanes o valencianos, que bastan a comprobar que esta invención es anterior al establecimiento de la academia del Infante de Portugal».

A continuación cita las cartas de él conocidas por referencias: la de Viladestes (1413); la del monasterio de San Miguel de los Reyes, de fecha desconocida; la de Valseca (1439), y la encontrada por Borghi en Italia, que parece anterior al año 1430. Desgraciadamente, la incompleta información del concienzudo historiador le impidió, como hubiera deseado, «inferir con seguridad si eran sólo geográficas o marítimas, con los meridianos paralelos, como los tienen las cartas planas; pues esta invención de que hacían uso los navegantes cuando apenas se apartaban de sus derrotas de la vista de la tierra, debió ser propia y aun antigua entre las naciones marítimas del Mediterráneo; y tales serían las cartas que llevaban los pilotos en el siglo XIII, según las prevenciones de Raimundo de Lulio».

Hoy podemos descifrar el enigma que atormentaba a Navarrete. Las cartas por él citadas, y otras muchas de la misma época y aun anteriores, no eran ni lo uno ni lo otro: ni cartas geográficas, ni cartas planas; eran simples portulanos, con línea de costas minuciosamente trazada por medición de distancias, pero sin determinación de coordenadas geográficas y carentes, por ende, de la red de meridianos y paralelos que caracteriza a las cartas planas. De tales portulanos o cartas de compás nos hemos ocupado ya en capítulo anterior (págs. 57-62), y ahora sólo nos falta plantear el problema capital de la cartografía náutica, que en los comienzos del siglo XVI aparece todavía delineado con imprecisos contornos y en 1569 encuentra al fin satisfactoria solución.

El tránsito del portulano del siglo XIII a la carta plana del XV fue muy lento; la determinación de la latitud por la altura del polo, medida con el astrolabio en alta mar, se fue perfeccionando poco a poco; y aunque el cálculo de las longitudes adoleció por mucho tiempo de graves imperfecciones, fue ya posible ubicar en la carta ciertos puntos capitales, mediante sus coordenadas, refiriendo a ellos los demás y corrigiendo así las enormes deformaciones de los portulanos en que aparecían alineados puntos de latitudes muy distintas.

Surgieron así las primeras cartas planas después de la traducción latina de Tolomeo realizada en 1410; el mapa de Alemania por Nicolás de Cusa, en 1461; y el que hizo Toscanelli en 1474 para sus viajes a la India, pertenecen ya a este tipo. Ya entrado el siglo XVI, la Casa de Contratación de Sevilla, verdadera Universidad náutica, impulsó considerablemente el arte de construir cartas[71]. Los tratados de Medina, Cortés..., merecieron multitud de ediciones en diversos países de Europa y fueron texto corriente durante mucho tiempo.

Pero este tipo de carta plana, con paralelos equidistantes, no resolvía el problema capital de la navegación, a saber: que la trayectoria de un barco navegante con rumbo fijo esté

representada en la carta por una línea recta, y que esta recta forme con el meridiano el mismo ángulo que el rumbo. He aquí, pues, dos problemas distintos: ¿qué curva describe sobre el globo terrestre el navío que marcha con rumbo fijo? ¿Cómo trazar la carta de manera que esa curva esté representada por una recta que cumpla la condición arriba impuesta?

El primer problema fue brillantemente resuelto por el máximo cosmógrafo y matemático portugués, y también en el segundo tuvieron atisbos de solución varios prestigiosos cosmógrafos ibéricos.

Creíase que tal curva es una circunferencia máxima, hasta que Pedro Núñez (Nonius) hizo notar el absurdo de tal hipótesis, puesto que navegando siempre hacia NO., por ejemplo, mal se puede llegar al hemisferio meridional. La naturaleza espiriforme de la curva fue estudiada por Núñez, aunque no llegó a descubrir sus propiedades; y el muy adecuado nombre que le puso (*rumbo*) sigue adoptado por muchos tratadistas alemanes.

Otras contribuciones de Núñez lo colocan en primera fila entre los cosmógrafos de su época; la resolución del problema del crepúsculo mínimo y la rectificación de errores de Apiano, Ziegler y Oroncio Fineo (a cambio de otros en que él mismo incurrió), sin contar su ingenioso dispositivo para aumentar la precisión de los aparatos de medida, sin dilatar sus dimensiones[72], que después fue perfeccionado y simplificado por Vernier, a quien se debe el dispositivo actual.

Faltaba aún resolver el segundo problema cartográfico, mucho más importante que el primero: la modificación de las cartas planas, a fin de hacerlas aptas para la náutica, y en él trabajaron todos los cosmógrafos de la época.

El invento de las cartas llamadas *esféricas*, en las cuales, por el ingenioso espaciamiento de los paralelos se conservan los ángulos y por tanto aparece como rectilínea la loxodrómica, esto es, la trayectoria de un navío que marcha con rumbo constante, señala en la Historia de la Náutica un momento culminante. Algunos han atribuido a Martín Cortés la idea esencial, que consiste en la separación progresiva de los paralelos, idea que no alcanzó madurez hasta Mercator, quien logró encontrar las distancias convenientes para lograr el fin apetecido en 1569, ignorándose cómo llegó a determinarlas[73].

Santa Cruz, Cortés y Núñez sintieron sin duda la necesidad de modificar la proyección cilíndrica que solía utilizarse para las cartas marinas, pero nos faltan documentos para poder juzgar las afirmaciones de sus panegiristas que les atribuyen el descubrimiento[74].

Lo que deducimos de los trabajos de Santa Cruz, explicados por Alejo de Venegas en su obra «Diferencia de libros que hay en el universo» (1540), que el gran cosmógrafo sevillano se daba perfecta cuenta de la desigualdad existente entro los arcos de ecuador y de paralelos, comprendidos entre los mismos meridianos; y parece deducirse también que construyó una carta de husos, como solían hacer los constructores de globos. He aquí la explicación de Venegas: «así como van disminuyendo las rebanadas de melón que van agostándose mientras más se allegan a los remates que son la frente y pezón. La disminución de este espacio enseña Tolomeo por números; mas como esto sea muy dificultoso de saber, ora nuevamente Alonso de Santa Cruz, de quien ya dijimos, a petición del Emperador nuestro Señor, ha hecho una carta abierta por los meridianos, desde la equinoccial a los polos, en la cual sacando por el compás la distancia de los blancos que hay de meridiano a meridiano, queda la distancia verdadera de cada grado, reduciendo la distancia que queda a leguas de línea mayor».

La finalidad de Santa Cruz es por tanto la reducción de los arcos de paralelos a arcos de ecuador, sirviéndose de un método gráfico, en sustitución de la tabla numérica dada por Tolomeo. Es evidente que desde este artificio hasta el espaciamiento gradual de los paralelos de modo tal que la loxodromia se transforme en recta, media un abismo.

Son, en verdad, dos problemas completamente diferentes, y no acertamos a comprender tamaña confusión; la carta fusiforme de Santa Cruz no es una *carta plana*, en el sentido técnico de esta palabra, pues sus meridianos no son rectas paralelas; el lector podrá reconstruirla sin dificultad siguiendo las explicaciones de Venegas que hemos transcrito.

Aclarado así el alcance del método, veamos cómo se expresa Navarrete: «De este continuo estudio y prolijas investigaciones resultó también su conocimiento de las imperfecciones de las cartas planas, y de la necesidad de trazar las esféricas, como lo consiguió, con muchos años de antelación a Eduardo Wright o a Gerardo Mercator, a quienes generalmente se atribuye esta invención».

La primera parte de este doble juicio es exacta; no la segunda. Ni lo es siquiera con la salvedad que hace a continuación: «Así es que Santa Cruz no determinó la proporción en que debían aumentarse los grados de latitud en la carta según que eran mayores las alturas y menor la extensión de los paralelos; en suma, no conoció que dicha proporción era la del radio al coseno de la latitud, como se ha fijado después». (Página 192).

Mucho pedir habría sido la resolución completa del problema que poco después logró Mercator, por método desconocido, y que Wright completó más tarde. Habría bastado que apareciera la idea del espaciamiento progresivamente creciente de los paralelos de la carta plana, aunque sin expresarlo cuantitativamente, para que hubiera sido legítimo el título de precursor. También Pedro Medina tuvo algunos atisbos dignos de mención y algo más todavía se acercó Martín Cortés a la idea crucial llamada a resolver el problema. Hay en su *Arte de navegar*, muy afamado en toda Europa, una frase, quizá truncada en las reseñas de sus entusiastas biógrafos, que leída íntegra, y bien interpretada podría quizá justificar la afirmación de Wright, rectificada por Wilson, de que fue suya la idea de los intervalos crecientes para representar los paralelos, aunque ciertamente sin fijar su cuantía[75].

En todo caso, los nombres de los cosmógrafos españoles, Enciso, Santa Cruz, Poza y Cortés, juntamente con Núñez, pueden figurar dignamente con algunos otros extranjeros entre los precursores de Mercator y de Wright, por haber sentido la necesidad de modificar las cartas náuticas, aunque no llegaron a la solución del difícil problema.

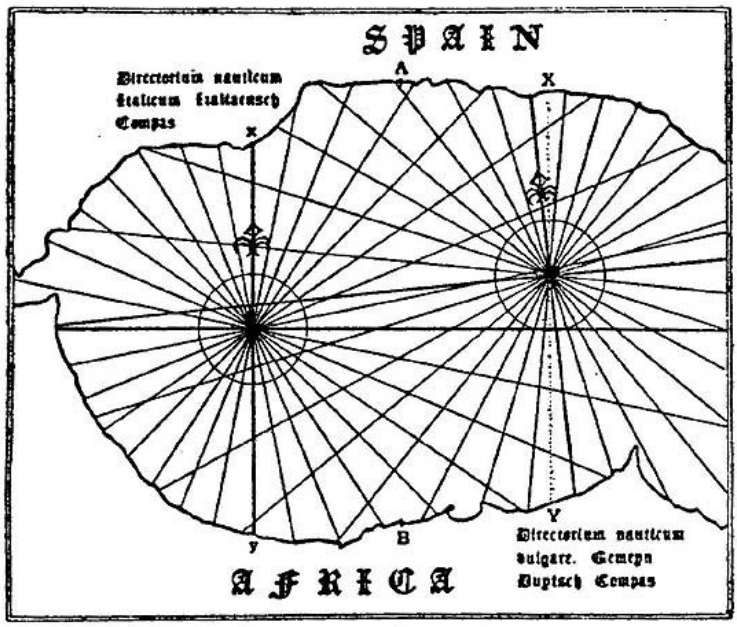
Hoy es bien sabida la expresión de las distancias a que deben trazarse los paralelos para que la curva loxodrómica o el *rumbo*, como lo llamó Núñez, su descubridor, se represente por una recta, es decir, para que la representación sea *conforme*. Con nuestros conocimientos actuales razonaríamos brevemente así: La dilatación que experimentan los paralelos al dibujarlos iguales al ecuador es el recíproco del coseno de la latitud, o sea la secante de ésta; luego para que la representación conserve los ángulos y por tanto la forma de las figuras infinitesimales, la dilatación del meridiano en cada punto debe ser igual a la secante de la latitud en ese punto, es decir, la función que expresa la ordenada y en el mapa del punto de latitud debe satisfacer la condición $dy : dy = 1 : \cos$

Luego la función buscada es la primitiva o integral de la función secante, y esta integral vale, como es sabido[76].

En la práctica sustituyen los dibujantes la integral por una suma, y así resulta este método muy aproximado: se dispone de una tabla de secantes de arcos desde 0º hasta 90º, de minuto en minuto, y se forman las sumas sucesivas de estas secantes; los coeficientes así obtenidos multiplicados por la longitud de 1' del ecuador de la carta dan las distancias a que deben trazarse los paralelos. Este método práctico fue el dado por Wright, 25 años después que Mercator publicó su carta; y lo plagió Jodocus Hondius; la fórmula logarítmica fue dada más tarde por Bond y Halley; otra demostración dio Lalande.

Tal es la sucinta historia de las modernas cartas náuticas, que gira en torno de una idea, tenazmente perseguida por los más hábiles cosmógrafos del siglo, pero fugitiva de todas sus pesquisas. La calidad de los rivales y la deslumbradora sencillez de la solución hallada, no

se sabe cómo, por Mercator, magnifican su figura, siendo inútiles los mezquinos esfuerzos para regatearle su legítima gloria.



Sección de una carta de Barentsz (1599).

Las matemáticas puras

De intento hemos dejado para el final la reseña de las ciencias exactas en su más puro sentido, por representar el foco más débil, eclipsado por la constelación de técnicas. No fue nunca la ciencia pura predilecta de los españoles, que prefirieron estudiar las ciencias como medio y no como fin; la técnica antes que la ciencia; y en este sentido sería el pueblo hispánico el más consecuente heredero de la tradición romana.

En otro lugar hemos analizado por extenso, con los textos a la vista, en comparación con las obras contemporáneas de otros países, las producciones de los matemáticos a quienes los entusiastas apologistas de la ciencia española como Navarrete, Menéndez Pelayo, Vallín, etc., adjudicaron más preciados laureles. Y resulta de tal investigación una conclusión singular: los más famosos matemáticos españoles que profesaron en la Sorbona no representan la nueva orientación de la Matemática, codificada en la *Summa* de Lucas de Burgo, sino que brillan en la ciencia medioeval, y encuadran por tanto perfectamente en el ambiente escolástico de la Universidad de París, que tarda muchos años en reaccionar, para incorporarse al nuevo movimiento.

Porque las Matemáticas, propiamente tales, la Aritmética y la Geometría de los griegos, petrificadas durante la Edad Media, reciben el tonificante refuerzo del Álgebra hindú en aquella hora juvenil; pero este renacimiento matemático florece solamente en Italia, de donde pasa a Alemania, mientras la Europa occidental permanece indiferente ante la nueva corriente de ideas, a pesar de haber sido España el foco de donde irradió a Italia, y de allí a toda Europa, el Álgebra importada por los árabes desde Oriente, y divulgada en el siglo XII por la escuela de traductores de Toledo.

Abacistas y algorítmicos en la Edad Media. (De la obra de Recorde, 1543).

Este alejamiento de España y Francia de la corriente renacentista explica que los matemáticos españoles en los comienzos del siglo XVI profesasen con notable éxito en la Sorbona, donde las disciplinas matemáticas alcanzaban nivel tan bajo como en Salamanca[77].

Ciruelo, Siliceo, Lax, Francés..., pertenecen a este grupo; espíritus selectos sin duda, abarcaron tan lejanas disciplinas, que no es de extrañar su falta de originalidad en la Matemática pura. La Astrología, y sobre todo la Teología, ocupan lugar predilecto en su vocación, y algunos tomaron su magisterio matemático como medio de vida para dedicarse de lleno a la Teología.

Hay en cambio otras figuras apenas citadas o desconocidas por los historiadores arriba aludidos, en cuyas obras hemos encontrado ideas al parecer originales que pudieran servir de hilo conductor hacia una nueva historia de las ciencias exactas, si se llegara a descubrir nuevos textos. Tales son Fray Juan Ortega y Álvaro Tomás, cuyas obras hemos estudiado a fondo, sin agotar el tema, que fuerzas jóvenes debieran investigar con cariño, sin plan preconcebido ni tesis previa, que inutilizan todo trabajo histórico. Pocas figuras más quedarían por estudiar; una de ellas es Gonzalo de Frías, autor de una obra inédita en 17 volúmenes, que parece perdida; pero pocas esperanzas hay de cambiar radicalmente las conclusiones, pues los Torrella, matemáticos y médicos, así como Pardo, Li, Pérez de Oliva, Oliver..., según afirman sus biógrafos se dedicaron entre otras actividades a la Astronomía Náutica, que absorbe con justa razón e irresistible fuerza energías que quizás habrían podido consagrarse a la ciencia pura.

Pitágoras y Boecio, como representantes de los métodos de cálculo que se disputan la supremacía en la Edad Media: el ábaco y las cifras.

Si alguna influencia puede señalarse de la gran epopeya sobre el desarrollo de la Matemática en el Occidente, ésta es marcadamente negativa; porque en aquel siglo de fiebre geográfica la Matemática sólo podía interesar a los pocos doctos en sus disciplinas como instrumento auxiliar de la Cosmografía, y ésta solamente para el servicio de la Náutica.

Por tal causa se da el nombre de matemáticos a los cosmógrafos, artilleros, constructores de cartas y a veces hasta los pilotos, mientras que la Matemática pura se desarrolla brillantemente en Italia y en Alemania, alejadas de la gran empresa, y Francia contempla inactiva entrambas tareas, sin colaborar en una ni en otra.

Signo de los tiempos es la creación en Sevilla de la Casa de Contratación, verdadera universidad marítima, o más bien escuela técnica de mareantes, a la manera de la vieja escuela de Sagres, desde la cual el príncipe Enrique organizó audaces exploraciones; pero la Casa de Contratación estaba concebida más integralmente, pues era a la vez oficina de administración y tribunal de justicia[78].

Ocuparse los matemáticos ibéricos de la «Regla de la cosa» o del «Arte Mayor», como se llamaba la nueva Álgebra, ya sistematizada en la *Summa* de Lucas Pacioli en 1494, en aquel momento crítico, lleno de problemas prácticos urgentes, habría sido imperdonable dilapidación de energías, cuando todas las fuerzas intelectuales, físicas y morales, eran pocas para llevar a feliz término la épica empresa.

Se explica así este hecho, que de otro modo sería bochornoso: el Álgebra conservada por los árabes en la Edad Media, y que de Toledo pasa a Italia por las traducciones de Gerardo de Cremona, queda ignorada de los matemáticos españoles de más alto renombre, nada menos que hasta 1552, en que un maestro de escuela alemán la reimporta con un libro vulgar y atrasado, precedido de un cruel proemio[79].

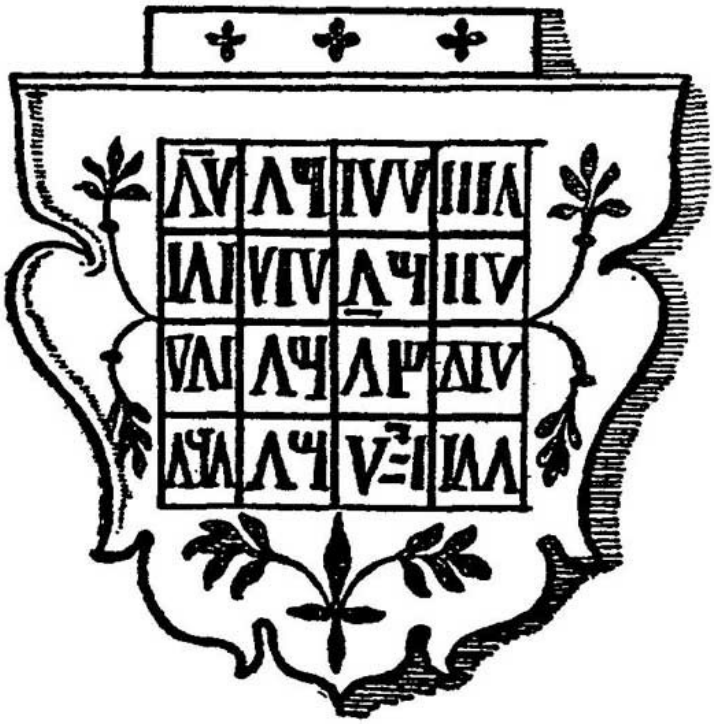
Las culturas son vegetaciones en que prima el factor biológico sobre el geográfico. Sobre un mismo suelo y aun bajo un mismo régimen pueden convivir y prosperar culturas heterogéneas, que hunden sus raíces en estratos diversos, sin estorbarse y aun sin sentirse ni conocerse; mientras que una sola y misma cultura puede prosperar a la vez en remotos países.

La organización política de Pericles se desbarata a mandobles y Atenas pierde la supremacía peninsular; pero la semilla de la cultura ática se esparce por doquier y en plena decadencia griega prende y florece por varios siglos en lejanas costas, alcanzando la ciencia griega máximo esplendor en el siglo de Euclides, Arquímedes, Apolonio, Eratóstenes y Aristarco. Sicilianos, asiáticos o africanos, son auténticos sabios helenos, son productos áticos puros, hermanos de los sabios y artistas que en Atenas trabajan bajo la férula macedónica.

Griegos eran los espartanos y los beocios, como los atenienses; tan españoles eran los musulmanes y judíos nacidos durante 700 años en suelo ibérico, como los descendientes de Pelayo; pero confundir deliberadamente entrambas civilizaciones, tan dispares y aun opuestas, barajar los nombres para disimular los mediocres entre los selectos, con el solo fin interesado de apropiarnos de sus lauros intelectuales, como antaño de las riquezas de los expulsados judíos, eso no es caballeresco ni aun honrado.

La cultura oriental intentó domeñar a la europea, y la habría suplantado, sin el empecinamiento castellano, que aniquiló a la media luna con sus malas y sus buenas cualidades; mucho ganamos y no poco perdimos. Ninguna cultura histórica brilló de modo parejo por todas sus facetas, y bastantes para su orgullo tiene la cultura hispanocristiana; inspirada y original en la literatura y en las artes plásticas, hábil en la organización política, honda y espiritual en la mística, competente y a la altura de su tiempo en las técnicas necesarias para la epopeya americana; pero pobre en la ciencia pura, e indigente en la Matemática, por ser la más pura de las ciencias.

Fruto granado de civilización, sólo cuaja la ciencia pura después de haber alcanzado frondosidad el follaje vital, que es su órgano respiratorio, y perdura más que él, hasta muy avanzado el otoño de la decadencia; pero el colapso español heló el organismo entero en plena primavera renacentista, antes de que pudieran cuajar las flores de la ciencia nueva; y tras las nuevas floraciones del siglo XVIII y del XX, recios vendavales postergan la esperanza.



Talismán para la curación de enfermedades por la virtud de su cuadrado mágico.

Capítulo III

Las ciencias naturales

La botánica

«Nessuno puó negare il contributo immenso che dette la Spagna alla conoscenza delle piante esotique, al loro uso nella agricultura ed alla terapeutica», dice el Dr. Paoli, conocido historiador de las ciencias naturales en el período de la conquista.

Demasiado absoluta es su afirmación, pues la tendencia general en los historiadores criollos hasta hace pocos años ha sido la de negar tal contribución o regatearle todo mérito, subrayando en cambio sus graves deficiencias.

En este espíritu que por aquel tiempo se consideraba patriótico, es decir, antihispanista, están inspiradas algunas de las monografías históricas publicadas con motivo de su cincuentenario por la benemérita Sociedad Científica Argentina.

La relativa a los estudios botánicos, obra del más autorizado de los especialistas argentinos, desaparecido cuando todavía se podían esperar frutos sazonados de su capacidad, está inspirada, según declara, en la «libertad absoluta, sin reatos ni limites». «Ni concibo -dice- prohibiciones, ni sometimientos, ni censuras de ninguna especie. Busco la interpretación de la naturaleza dentro de sí misma y me son ajenos los factores sentimentales o llamados de conciencia».

Loable ilusión que cabe ver realizada, si quiera parcialmente, cuando el hombre dialoga con la naturaleza, pero imposible, aun en los espíritus menos apasionados, cuando el hombre dialoga con otros hombres que engendraron odios o antipatías y pretende juzgarlos fríamente con el alma rezumante de pasión. Pero no hay disimulo ni doblez en la monografía aludida, pues a renglón seguido de proclamar su liberación de factores sentimentales, confiesa que ha sido escrita «ofrendando en el santuario de la patria».

«*Libertad y patriotismo* han sido mi divisa», proclama el autor. Noble y santa divisa, pero contradictoria; pues nada coarta la libertad del pensamiento ni nubla los ojos del historiador -decía el P. Feijóo- como el patriotismo. He aquí, pues, una obra del mismo corte y estilo que la clásica de Vallín Bustillo, igualmente inspirada en el santo patriotismo: pero como se trata de dos patriotismos que durante muchos años se consideraban enemigos irreductibles, claro es que las conclusiones de ambas historias sobre los mismos hechos resultan diametralmente opuestas[80]. No es tarea fácil extraer substancia objetiva de una larga serie de afirmaciones contradictorias cuando no vienen apoyadas en documentos o autoridades inobjetables, grave omisión que suele caracterizar estas historias patrióticas, las cuales no se proponen convencer, sino simplemente conmover a los fieles comulgantes en su dogma, enfervorizándolos en su fe.

Razón sobrada tiene el Dr. Hicken al afirmar que el espíritu del siglo XV no era el más adecuado para impulsar el conocimiento científico de las plantas; pero es de lamentar que su programa lo lleve a localizar el hecho universal explicando el escaso interés hacia la investigación de la flora americana por «el concepto que se tenía entonces en España de las ciencias naturales».

Quede para los historiadores el dilucidar si los móviles de la conquista fueron tan deleznables y vitandos como se afirma en esta monografía citada, pero su autor nos parece demasiado exigente cuando echa de menos en aquellos hombres corajudos, cada día más

admirados, una formación filosófica superior a la aristotélica, que por entonces dominaba en el mundo.

> «Llegaron, pues, los primeros exploradores al Río de la Plata con el bagaje aristotélico, casi completamente analfabetos, con un espíritu milagrero y disposición ya preconcebida de someterse todo a la aprobación eclesiástica, sin libertad ni iniciativas en lo que al estudio y filosofía se refería.»

Demasiado halagador suena este juicio sobre los conquistadores, al atribuirles un bagaje aristotélico de que carecían casi todos; tenían, en cambio, en grado sumo, aquellas cualidades primarias humanas: coraje, astucia, sobriedad, fe..., que eran las adecuadas para la magna empresa; interesante sería el averiguar cómo se habría desempeñado una expedición de conquistadores formada por filósofos, ya aristotélicos o positivistas.

Imperfectas son sin duda[81] las descripciones de las plantas descubiertas en las expediciones militares, cuyo objeto no era precisamente herborizar; pero la cantidad de plantas exóticas introducidas en Europa es innumerable; y aunque no siempre fueran acompañadas de sus nombres latinos, como lamenta el insigne botánico argentino, conocieron suficientemente sus propiedades alimenticias o medicinales, enriqueciendo considerablemente los conocimientos botánicos de Europa e imprimiendo avance incalculable a la agricultura y a la farmacopea. Los nombres latinos se los han puesto después eruditos especialistas, más cómodamente instalados que los descubridores.

Nos limitaremos a extractar las afirmaciones de los entendidos en esta disciplina, bajo la garantía de su autoridad[82], y a citar a los investigadores que realizaron obra más original.

El más famoso de todos, que según Paoli merece el nombre de *padre de la Farmacología*, es Nicolás Monardes, médico sevillano, «il primo scienzato che si occupó delle piante medicinali americane». Su obra de 1565, «Historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias...», fue traducida a varias lenguas y ha sido reproducida en lujosas ediciones.

Francisco Hernández estudió desde 1571 a 1577 las plantas americanas, y a su regreso hizo dibujar 1.200 especies.

Al jesuita José de Acosta se debe (1578) el conocimiento de la *yuca*, *chuñu*, *ocas*, *camotes*, *fresa de Chile*, *manguey*, *guayavo*, *palta*, *chicozapote*, *ananás*, *granadilla*, *liquidámbar*, *anime*, *incienso*, *tacamahaca*, *caraña*, *zarzaparrilla*. Sobre esta figura señera de las ciencias físicas, naturales y aun morales, llamada con justicia «el Plinio del Nuevo Mundo» preparamos una monografía.

Es preciso recordar, asimismo, a fray Bernardino de Sahagún, Vargas Machuca, Alonso de Zorita, Juan Bauhino y Gaspar Bauhino, el inca Garcilaso de la Vega y tantos otros, cuya bibliografía puede verse en la obra de Vallín.

> «L'influsso -dice Paoli- che produsse la Spagna con la scoperta del nuovo mondo sopra la botanica fu veramente inmenso, perche con le nuove droghe si arriccí la farmacologia di nuovi rimedi che ebbero grande importanza nelle terapeutica e nella agricultura. Si può dire che si aprí un nuovo campo di studi i quali produssero una completa rivoluzione nello sviluppo della scienza»[83].

No arriesgándonos a opinar por propia cuenta, transcribiremos también el autorizado juicio de Parodi, mucho más ecuánime y comprensivo que alguno ya citado: «Es justicia señalar que dichos cronistas, sin haber sido botánicos ni agrónomos, nos hayan dejado obras tan notables sobre tales materias, elaboradas con criterio científico y llenas de documentos originales. Sin ningún reparo puede afirmarse que Fernández de Oviedo ha sido el primer naturalista que reseñó metódicamente, haciéndolas conocer en Europa, las plantas más útiles de la flora americana. Los libros VII, VIII, IX y X, que tratan de la agricultura y de las plantas útiles, publicados en 1535, aunque tenga algunos errores, inevitables en aquella época, son reliquias etnobotánicas de las que, aún hoy, se siguen extrayendo datos de singular valor científico.

Es digno de ser notado el criterio con que el padre Cobo establece los métodos que se han de usar para distinguir las plantas cultivadas americanas de las introducidas de Europa (Lib. 4, cap. 1), previendo así un problema que recién en el siglo XIX encararían nuevamente dos botánicos eminentes como Humboldt y De Candolle.

Barco de guerra atacado (según Gesner, 1598).

La minería y la metalurgia

Capítulo grandioso de la obra colonizadora es el relativo a la metalurgia. No entraremos a analizar las acusaciones de que han sido objeto los conquistadores por la actividad que pusieron al servicio de la explotación minera del Nuevo Mundo. La «auri rabida sitis» no fue ciertamente creación suya, y, como dice Clavero, la padecían igualmente todos los que en el grave proceso incoado por la posteridad «actuaron de acusadores, de jueces y de testigos». Les faltó, sin embargo, a éstos la magnífica ocasión que aquéllos tuvieron, y solamente quienes en igual situación hubieran procedido de modo diferente tendrían autoridad moral para actuar como fiscales.

El modo y manera cómo los colonizadores desarrollaron su actividad minera, la invención de nuevos métodos para el laboreo, el método racional de la explotación y la técnica perfectamente científica como fruto de pacientes estudios de investigación, que llegaron a crear, según declaran los especialistas, son la mejor respuesta a los lugares comunes rezumantes de esa inquina que suele despertar el éxito ajeno.

Empíricos fueron ciertamente los primeros métodos de laboreo, para ir ascendiendo a la doctrina sistemática, que condensa en principios fundamentales aquellas reglas prácticas sorprendidas primero por el espíritu de invención y disciplinadas más tarde por el razonamiento al ascender del hecho a la idea. «Esta escala de progreso -sigue diciendo Carracido- aparece completa en el desarrollo de la metalurgia en el Nuevo Mundo. Empieza por el asombroso invento de Bartolomé de Medina, producto de la intuición que se apodera de los resultados sin tocar en los antecedentes y termina con el *Arte de los metales*, de

Álvaro Alonso Barba, tratado doctrinal que presenta en orden sistemático los hechos antes inconexos.»

Elaboración de minerales de oro y plata en el siglo XVI. (Según la Cosmografía de Münster, 1550).

Resumiremos en pocas líneas los progresos logrados en este intervalo de tiempo, que abarca desde 1554, fecha de la llegada del sevillano Bartolomé de Medina a Méjico, hasta la famosa obra de Barba, que no aparece hasta entrado el siglo XVII.

El arte minero del beneficio de la plata por amalgamación fue introducido por Medina. «El cual beneficio -dice el Dr. Luis Berrio de Montalvo en su Informe de 1643- traxo a esta Nueva España, habrá 80 años, Bartolomé de Medina, minero de Pachuca sin más arte que haber oído decir en España que con azogue y sal común se podía sacar plata de los metales a que no se hallaba fundición»[84].

Según dice Paoli «gli spagnoli furono i primi che trattarono di introdurre in Alemagna questo procedimento alla fine del secolo XVI». En efecto, Juan de Córdoba (1588) ofreció a la corte imperial extraer por medio del azogue la plata de cualquier mineral, con poco costo y en 8 a 10 días; pero habiéndome sido entregados minerales de desecho...». Pobres en verdad serían las muestras en que el método de Medina dio tan escaso resultado, pues, según asegura Velasco, «el sacar el metal con azogue se tiene en la Nueva España por mui acertado, porque se labran minas que tenían perdidas».

Pero el método -que Carracido calificó de asombroso- no habría sido realizable sin el descubrimiento del portugués Enrique Garcés, que al observar el *limpe* o tierra bermellón con que los indios se teñían la cara, reconoció el cinabrio. «Hizo con este motivo -dice Vallín- en 1557 repetidas experiencias en las minas mismas de donde procedía, necesitando al efecto recorrer las provincias de Caxatambo, Guaylos, Guama y toda la cordillera hasta Guamanga. Débesele, pues, si no el descubrimiento del azogue en América, la revolución económico-industrial que ocasionaron sus experimentos y ensayos en el beneficio de la plata en el Perú» (pág. 113).

El entusiasta panegirista supone que Garcés era español, pero, según Paoli, era portugués, y vivió muchos años en Castilla trabajando en las minas de Almadén. Montesinos dice, en efecto: «Había visto en el Almaden el metal del azogue, y conoció que era de aquella manera».

El método de la amalgama para el beneficio de la plata se lo atribuye también al valenciano Mosén Antonio Boteller, que en su memorial de 1562, dirigido al rey, se proclama «primer artífice e inventor de sacar plata de los metales por la industria y beneficio de el azogue, ansi en la Nueva España como en estos vuestros reinos». Si, como dice Paoli, Boteller ayudó a Medina en sus experimentos, y este fue el verdadero inventor del método, como

asegura González en su estudio sobre las minas de Guadalcanal (aunque parece que en España ya se usaba), no cabe duda de que el ansia de inmortalidad científica pudo más que los frenos impuestos por su religión y su investidura sacerdotal, y hasta le hizo flaquear la memoria, ya que en la real cédula de 1557 se le comisionaba en estos claros términos: «Y pues dicen que el azogue es muy provechoso para beneficiar los metales y sacar dellos la plata a menos costo que con otros instrumentos que se usan, y que por esto se ha comenzado usar dello en la Nueva España, informaros heis bien de como en ella se hace, y haréis la prueba dello en las minas de Guadalcanal» (cit. Paoli, pág. 56).

Mientras tanto aparece en España la gran obra «Repertorio perpetuo o Fábrica del Universo» (Toledo, 1563), y poco después «De re metallica» (1569), debidas ambas al «Magnifico caballero Bernardo Pérez de Vargas». Esta última fue traducida al francés y muy estimada como tratado práctico de minería. Estas publicaciones divulgan el método de la amalgama, que pronto pasa al Perú salvando de la ruina la explotación del fabuloso Potosí, que ya estaba en plena decadencia. Tal fue la obra de Pedro Fernández de Velasco, que sustituyó el método de fundición por el de amalgamamiento hacia los años 1571-1572, «no sin gran contrariedad -dice Vallín- de otros mineros, que habían hecho anteriormente ensayos infructuosos sobre el beneficio por el azogue». «Velasco hizo algo más que copiar el método; un sistema nuevo, por la distinta naturaleza de los minerales de Potosí respecto de los de Nueva España, siendo justo considerarle bajo este concepto como el verdadero reformador de la minería peruana.»

No fue la de Mosén Boteller la única disputa sobre la prioridad de descubrimientos e invenciones en el arte de la minería. Los hermanos Corzo (Carlos y Juan Andrés) inventaron -dice Paoli- un procedimiento metalúrgico de extracción de la plata «empleando el hierro en raeduras», puesto en práctica por primera vez en 1587, según la relación que se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid (Ms. Cod. J. 58), en la que se dice que se notó «mayor rendimiento de plata y menor pérdida de azogue». En otro Ms. se describe un perfeccionamiento debido a Garci-Sánchez y Gabriel de Castro, que consistía en «amolar hierro en piedras, echando las moleduras de lo mezclado con azogue». Ambos pretendieron la prioridad en el descubrimiento; pero parece demostrado que la idea la tomaron de los Corzo.

Rodrigo de Torre Navarra sustituyó la leña por el esparto, y de tal modificación, que pareció impuesta por la necesidad, dice Acosta «que fue la cosa de más importancia que en materia de haciendas se ha hecho en estos reinos en servicio de S. M., porque no se hubiera sacado de cien partes una, del azogue que se ha sacado, ni era posible".

El horno de *javeca* fue introducido por Pedro Contreras en los últimos años del siglo XVI. Según describe Montesinos en sus Memorias antiguas[85] «es el horno de javeca a modo de fogón. Las ollas tienen la forma d e canjillones parejos sin la coñidura de en medio. Cada horno se carga con 15 arrobas de metal reconable, no siendo ni el más rico ni el más pobre, saca arroba y media de azogue».

Explotación minera del siglo XVI. (Libro de Agrícola, 1580).

Gran progreso parecen haber producido las tales javecas, pues hasta 1596 «se sacaba azogue de Guancavélica con mucho trabajo porque non había forma en los hornos»; pero pronto fueron sustituidos por los hornos llamados *busconiles*, que inventó en 1633 Lope de Saavedra. Años más tarde Juan Alonso de Bustamante, mayordomo de las mismas minas, visitó las minas de Almadén y propuso en su memorial a S. M., «mejorar las obras de las minas, sacar más azogue, y a menos costo y aprovechar con utilidad los minerales que el beneficio en retortas no permitía utilizar». Aceptada que fue su propuesta construyó en 1647 un horno de «aludeles o arcaduces» con tan lisonjero éxito que por decreto real fue nombrado superintendente de las minas de Almadén, caballero de Santiago, encargado de los nuevos hornos, siendo propuesto en 1649 para el corregimiento de Cuzco; pero la propuesta fue rechazada por el Consejo de Indias, fundado en que no era el verdadero inventor del método, como él presumía, sino simplemente un introductor en España, mientras que el auténtico inventor era Lope de Saavedra, que construyó los hornos busconiles en Guancavélica, según consta en documentos fehacientes[86].

Abundaban entonces como ahora los plagiarios, pero la actitud de rigurosa justicia asumida por el Consejo no es muy frecuente en nuestros días.

Retrocediendo al siglo XVI es justo citar diversos nombres que aportaron ciertos perfeccionamientos a la técnica minera y que no caben en tan breve resumen. Tales son Juan Fernández Montano, que en 1588 mejoró la extracción del mercurio mediante la adición de «salmuera, copaquirí y estiércol de caballo», dando diversas fórmulas y recetas según la clase de los minerales[87]. De Jorge Fonseca, se poseen dos manuscritos que Paoli

califica de importantísimos[88] sin precisar las novedades que en ellos haya, Francisco Blanco fue técnico en Guadalcanal, y en 1566 informó sobre el lamentable estado de las minas[89].

Importante en alto grado, según aseveran los entendidos en técnica minera, fue el perfeccionamiento de la amalgamación de los minerales de plata logrado por el vecino de Tasco, Juan Capellín. En el privilegio que le otorgó el virrey de Méjico en 1576[90] se describe el método que permitía a Capellín extraer del mineral cernido «dentro de cuatro días se sacaría la plata en tanta cantidad que con un quintal de azogue se sacarán más de doscientos marcos de plata...»

El nombre de este ingenioso investigador ha pasado a la historia de la minería unido a la pieza llamada *capellina* que ideó para la destilación de la amalgama[91].

Tales parecen haber sido los inventos técnicos debidos a los colonizadores hispánicos en el arte de la minería. Pasemos ahora, trazando la debida frontera divisoria, a reseñar las obras de carácter expositivo, importantes sin duda para desarrollar la historia de la minería, pero ciertamente de jerarquía inferior a los trabajos de investigación que hemos mencionado.

Fernández de Santillán escribió sobre las minas de Potosí[92]. Antonio Alcaraz de Mesa, alcalde mayor de las minas de Fresnillo en Méjico, redactó una relación sobre ellas en 1585, en la que se encuentran importantes datos para la historia de la minería en Méjico[93]. Interesante también desde el punto de vista histórico es la relación de don Pedro de Alvarado [94] en que describe los volcanes de Guatemala, la abundancia de azufre, etc.[95]. Otro memorial que cita Piñelo como interesante es de Arteaga y Mendiola[96].

El sevillano Juan Cárdenas era de formación científica sólida, que se revela en su famosa obra de la que sólo apareció «Primera parte de los problemas y secretos maravillosos de las Indias», Méjico 1591, que es un tratado enciclopédico de la naturaleza mejicana y en especial de la mineralogía, con ciertas pretensiones de construcción teórica, explicando a su manera las transformaciones químicas y deshaciendo los errores comunes entre los mineros. He aquí un párrafo:

> «El beneficio de los metales por el azogue, no es otra cosa que cuestión de simpatías y antipatías, siendo las primeras el origen de la unión del azogue a la plata, auxiliada por el calor que le presta la salmuera, como podría presentarse por otro mineral caliente. La antipatía entre el calor y el azogue, ambos de naturaleza opuestas, es la causa de la pérdida de este último en el beneficio y no la conversión del azogue en plata como pretendían los mineros». (Cit. Bib. amer. de Lecrerc. París 1878.)

Relación también famosa es la de Pedro Cieza de León, relativa al Perú[97], que alcanzó diversas ediciones en 1553, 1554, 1560, habiendo sido traducida al inglés por Stevens en 1703 y que no ha muchos años ha sido reeditada en castellano.

Otra obra histórica interesante es la de Juan Canelas Albarran[98], donde, entre otras muchas cosas reseña la explotación de Potosí. También el manuscrito de Tristán Sances, titulado «De Virreyes y Gobernadores», trata incidentalmente el tema. Pero mucho más importante es la obra impresa de Juan Lorenzo Palmireno que, según Paoli, representa el estado de los conocimientos científicos de la época y servía de fuente de información a los estudiosos de su tiempo[99]. Interesantes también son la de Tejada, Inocente Tellez, Juan Pedroso, edición, ampliada por Suárez de Figueroa, de la obra de Garzoni[100] con el título de «Plaza universal de todas las ciencias y artes», que no apareció hasta 1615, y la obra original de don Juan de

Solórzano y Pereira, oidor en Lima, importante sobre todo para estudiar la organización de las minas y su régimen de trabajo[101].

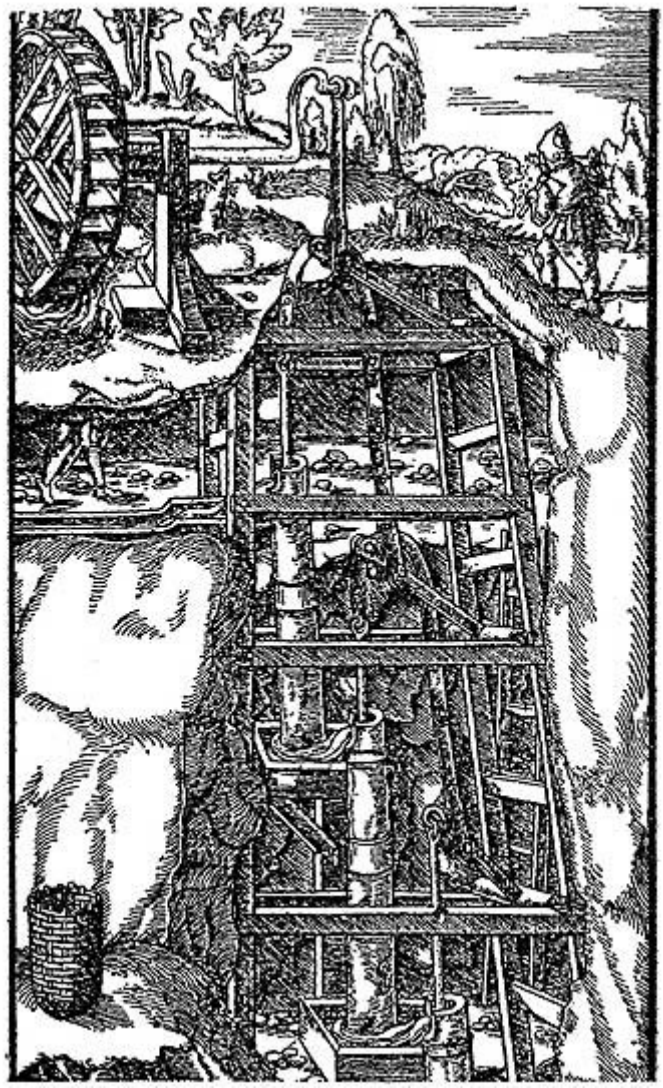
La índole de esta reseña impide ocupar mayor extensión, pero merecen ser citados siquiera los autores de otras obras y relaciones que puedan ilustrar el estudio de este período brillante de la técnica hispánica: Lope Díaz de Mercado, Freyle Juan Diez, Diego López, Lozano Machuca, Alonso Maldonado de Torres, Antonio Mendoza, Francisco Mendoza, Ovalle y Guzmán, Alonso Pérez, Benito Xuarez, Juan de Tejada, Inocente Tellez, Juan Pedroso, Alonso Peña Montenegro, Miguel Rojas, Iván Vázquez de Serna, Pedro Xerez de Alloa, Francisco Romero, Juan de Valencia, Fernando Torres.

Finalmente, merece capítulo aparte la gran figura de Álvaro Alonso Barba, cuyo famoso «Arte de los metales» ha merecido monografías laudatorias de diversos especialistas, pero que sale de los límites de esta relación por corresponder plenamente al siglo XVII.

De esta obra fundamental se han hecho modernamente ediciones comentadas en España, Méjico, Bolivia, etc., y este solo hecho es indicio suficiente de la capital importancia del libro y de su egregio autor[102].

NOTA.- Alguna noticia hemos dado en capítulos anteriores sobre las concepciones medioevales de especies animales sólo existentes en la fantasía, y de algunas supervivencias en los primeros relatos de los cronistas. Sin duda habría materia para un capítulo especial sobre el influjo del Descubrimiento en la Zoología, desarrollando estos puntos: 1º Especies animales nuevas (puma, yaguareté, bisonte, semivulpa, pájaros moscas o picaflores, murciélagos, micos, quemí, hutia...) 2º Tránsito de la zoología descriptiva (bestiarios) a la científica, por la comparación de especies, problemas de origen, etc. El P. Sánchez Labrador se preguntaba en el siglo XVIII: «En esta parte del mundo se hallan especies no vistas en otra parte del mundo, ¿quién los condujo y por qué caminos de tierra o de agua?» Ya hemos recordado que fueron los grandes mamíferos fósiles de las pampas y la fauna de las islas americanas quienes sugirieron a Darwin la idea del transformismo. Y bueno es citar la autorizada opinión de Casey A. Wood, que atribuye al conocimiento de las nuevas especies el nacimiento de la anatomía comparada.

Otros puntos interesantes, como la fundación de museos y parques zoológicos, pueden verse citados en la ponencia del profesor Cabrera para el Coloquio de la Institución Cultural Española (1942).



Instalación de bombas en una mina (según la obra de Agrícola, 1580).

Capítulo IV

Notas y complementos

Leyenda negra y leyenda rosada

Sin ánimo de entrar en la antigua y siempre envenenada polémica sobre la leyenda negra creada en torno de la colonización española, parece oportuno, con motivo de la fecha que conmemoramos este año[103], meditar (dentro del campo científico, único transitable para nosotros) sobre el camino conducente a la rectificación de apreciaciones erróneas o malévolas, procurando poner las cosas en su punto y aproximarnos así en lo posible a la verdad, siempre inaccesible, y mucho más en cuestiones como ésta, oscurecida por pasiones e intereses.

El laudable sentimiento patriótico que ha exaltado a los vindicadores del buen nombre español desde la remota fecha de 1782, en que M. Masson de Morvilliers lanzó al mundo su insidiosa pregunta, los ha conducido con frecuencia a sacarlas cosas de su justo equilibrio, creando otra leyenda rosada, que ante el juicio imparcial de los historiadores serios ha hecho a la noble causa tanto daño como la otra.

Mezclando y barajando algunos valores positivos que puede exhibir España justificadamente, como aporte a la Ciencia universal, con infinidad de patrióticas inexactitudes, y aun dislates, por falta de información adecuada y de estudio comparativo, ha caído tal descrédito global sobre este género de literatura vindicadora, que los historiadores extranjeros siguen imperturbables, omitiendo aquellas citas favorables que ya están plenamente justificadas, cuando no continúan prodigando dicterios denigrantes o juicios despectivos, como único comentario.

Reflejo de tal juicio, tan injusto como difundido, es el párrafo de Wells, imaginativo novelista, pero mediocre historiador: «Fue una desgracia para la ciencia, que los primeros europeos que llegaron a América fuesen españoles sin curiosidad científica, los cuales sólo tenían sed de oro, y, movidos por ciego fanatismo, todavía exacerbado por una reciente guerra religiosa, solamente hicieron muy pocas observaciones interesantes sobre las costumbres e ideas de estos pueblos primitivos. Los asesinaron, los robaron, los esclavizaron, pero no tomaron ninguna nota de sus costumbres».

Con este mismo espíritu está redactada alguna de las monografías históricas que publicó hace algunos años la Sociedad Científica Argentina; y tarea fácil sería multiplicar las citas de igual tendencia, agriamente despectiva.

Es evidente que no cambiará este criterio, arraigado durante siglos, sin una acción organizada e inteligente, encaminada a restablecer la justicia, sin exageraciones contraproducentes ni lirismos ineficaces, aportando toda la documentación fidedigna más seria y convincente de que se pueda disponer. Labor nada fácil, en verdad; pues el genio español se encauzó preferentemente por las sendas del arte, o de la acción, con detrimento de la creación científica desinteresada; larga tarea que exigirá estudiar a conciencia las obras originales españolas y compararlas serenamente, concienzudamente, técnicamente, con las de su época, aparecidas en otros países; empresa de carácter netamente científico que debe encomendarse a especialistas si se encuentran con tiempo y capacidad suficiente para la pesada tarea, o a jóvenes becados que consagren a esta minuciosa faena su entusiasmo y su laborioso esfuerzo, bajo la dirección de aquéllos.

Refiriéndonos más concretamente al aspecto científico de la colonización de América, hay una labor fácil con la que se podría iniciar la difícil obra; hace ya un siglo que nos fue trazado su programa por el barón de Humboldt, cuyas son estas alentadoras frases:

> «Cuando se estudian seriamente las obras originales de los primeros historiadores de la Conquista sorpréndenos encontrar en los escritores españoles del siglo XVI el germen de tantas verdades importantes en el orden físico. Al aspecto de un continente que aparecía en las vastas soledades del Océano aislado del resto de la creación, la curiosidad impaciente de los primeros viajeros y de los que recogían sus narraciones originó, desde luego, la mayor parte de las graves cuestiones que aún en nuestros días nos preocupan. Interrogáronse acerca de la unidad de la raza humana y sobre las emigraciones de los pueblos y afinidades de las lenguas más desemejantes en sus radicales como en flexiones y formas gramaticales; sobre la emigración de las especies animales y vegetales; sobre la causa de los vientos alisios y de las corrientes pelágicas; sobre el decrecimiento progresivo del calor ya que se ascienda por la pendiente de las cordilleras, ya que se sondeen las capas de agua superpuestas en las profundidades del océano, y, finalmente, sobre la acción recíproca de las cadenas de volcanes y su influencia relativamente a los temblores de tierra y a la extensión de los círculos de quebrantamiento. El fundamento de lo que hoy se llama la física del globo, prescindiendo de las consideraciones matemáticas, se halla contenido en la obra del jesuita José Acosta, titulada 'Historia natural y moral de las Indias', así como en la de Gonzalo Hernández Oviedo, que apareció veinte años después de la muerte de Colón.»

Un desarrollo objetivo de este programa, un análisis documentado de la contribución de nuestros cronistas a las ciencias naturales, utilizando valiosos materiales ya aportados por Barreiro y por Paoli, sería el pago de una deuda de honor contraída con el sabio viajero alemán, que hizo en defensa del buen nombre hispano mucho más y mejor que todos los españoles juntos. Citemos siquiera los momentos culminantes en esta larga réplica, que ya dura siglo y medio, al insidioso articulo de la Enciclopedia:

> La famosa *Oración apologética* que para refutar a Masson encargó Floridablanca al elocuente Forner en 1786, sólo sirvió para dar al insignificante escritor francés la razón que no tenía; pues en lugar de encomiar, como se le encargaba y retribuía, la obra científica de los españoles, se propuso demostrar la vacuidad de esa ciencia europea «cuya espléndida exterioridad engaña a la vista y da visos de gran valor a unas materias fútiles en sí y caducas». Y después de despotricar con soberana elocuencia contra las grandiosas creaciones físico-matemáticas de los siglos XVII y XVIII, de las que dimana nuestra actual ciencia y técnica, celebra que los españoles se hayan preocupado solamente de asuntos más útiles, en los cuales «no hay nación que pueda disputarnos los adelantamientos».

A partir de aquella remota fecha se han sucedido multitud de escritos de acorde tendencia, pero con táctica diferente, a base de largas listas de nombres de autores y títulos de libros, con abundantes adjetivos encomiásticos y afirmaciones sin prueba; y doloroso es decir que con muy contadas excepciones, como la bibliografía de Navarrete sobre Náutica y Matemáticas, en que se documentó Menéndez Pelayo para su meritísimo *Inventario de la Ciencia Española*, y Vallín para su lírico alegato -trabajos todos de valor bibliográfico para

la historia que deberá hacerse-, la eficacia de esta literatura vindicadora ha sido tan contraproducente como lo fue la del elocuentísimo discurso de Forner, afirmando más y más a los extranjeros en su prejuicio sobre la incapacidad de los españoles, no sólo para hacer ciencia, sino también para historiarla.

Pretender descuajar un juicio secularmente arraigado en el mundo con inofensivos chaparrones de nombres y afirmaciones gratuitas, aunque algunas de ellas sean ciertas, pero que resultan innocuas sin su correspondiente prueba, es ingenuidad disculpable en gracia a la buena intención, pero cuya bien probada ineficacia aconseja cambio radical de procedimiento. «Hacen falta estudios sólidos y macizos» -decía Menéndez Pelayo hace ya siete décadas-; pero desgraciadamente pocos han sido éstos, y abundan en cambio los otros.

En la sección de estudios históricos, que por nuestra iniciativa creó la Academia de Ciencias de Madrid, en el grupo argentino de*l'Académie Internationale d'Histoire des Sciences*, y en toda ocasión propicia, hemos intentado, sin éxito, durante muchos años, que algo se iniciara en este sentido, preconizado hace más de medio siglo por el gran polígrafo; también hemos fracasado en nuestros llamamientos a la Institución Cultural Española para que enfocara en la medida de sus recursos, pero desde un ángulo de seriedad, precisión y eficacia, sin vano verbalismo ni exhibiciones vistosas, a que somos muy propensos, ese punto negro de nuestra historia, proyectando sobre él la clara luz blanca de la verdad científica, que no es la coloreada verdad, partidista y apasionada, de unos ni de otros contendientes.

En el coloquio celebrado en 1942 por la benemérita institución acerca de la influencia del descubrimiento en los diversos planos de la cultura, logramos hacer aprobar por unanimidad la proposición de que patrocinara serios estudios de investigación sobre los textos originales o copias fotográficas de ellos, encuadrándolos en el marco de conocimientos de su época; estudios que habrían dado materia para una serie de monografías bien documentadas, con copia fiel de los pasajes comentados y hasta reproducción facsimilar de ellos, sin caer una vez más en la fácil tentación de recopilar cómodamente datos, y hasta párrafos enteros, de otras recopilaciones, que a su vez lo son de otras.

Sólo así habríamos demostrado ante el tribunal siempre vigilante de la opinión internacional que fuimos capaces de colaborar eficazmente en la ciencia, aunque no tanto como en otros órdenes de la cultura, y que ahora somos capaces de probarlo.

NOTA.- La colaboración de argentinos y españoles organizada en el Coloquio señala el camino para el desarrollo del programa trazado en el precedente artículo con máxima garantía de imparcialidad. Hay que escribir la historia de la ciencia hispanocristiana, de la hispanomusulmana y de la hispanojudía (éstas dos muy ligadas entre sí) y estudiar objetivamente sus contactos y divergencias, sin odio y sin amor.

Valiosos estudios sobre la cultura musulmana debemos a la benemérita escuela de arabistas (Codera, Ribera, Asín, Palencia, Gómez, y el gran orientalista Millás) y algunos materiales ha aportado Sánchez Pérez para la historia de la Matemática, al margen de su profesión oficial. La falta de especialistas consagrados a tales estudios para las diversas ciencias podría suplirse parcialmente utilizando aquí, al lado de conocedores de ellas y de su evolución histórica, algunos cultos libaneses que dominan el árabe clásico. Ya teníamos organizado el plan desde 1935, cuando estalló la guerra española; pero confiamos en que el rico fondo de códices arábigos existente todavía, por gran milagro, no quedará por muchos años perdido para la cultura, o, peor todavía, irremediablemente perdido para siempre en cualquier accidente, sin haber tenido la elemental precaución de obtener copia fotográfica. Así lo proyecta la Cultura Española y sólo queda esperar.

En cuanto a la cultura hebraica, debemos a Millás admirables investigaciones, y Cantera ha estudiado a Zacuto; falta estimular la prosecución de esta seria y difícil tarea, por quienes pueden y deben hacerlo.

Las ciencias naturales y la Cartografía cuentan ya con algunas investigaciones originales, y siguen siendo útiles los trabajos de Navarrete, de donde derivan las recopilaciones de datos biobibliográficos, de Vallín y Picatoste, y la más reciente de Vera[104], escrita en tono ameno, acorde con su fin de divulgación.

El sistema de Copérnico en España

A modo de complemento, y para mejor dar idea de la posición de los cosmógrafos españoles respecto de los sistemas de Tolomeo y Copérnico, que ya hemos citado, daremos un repertorio de noticias acerca del apasionante tema, extractadas de la obra de Vallín, por cuya cuenta queda la autenticidad de las mismas.

> «La cultura científica había resucitado la profunda observación de don Alfonso el Sabio, de que el mundo ideado por Ptolomeo estaba mal hecho; y así es que en los fines del siglo XV y comienzos del XVI muchos filósofos, naturalistas y astrónomos encontraban dificultades que no podían conciliar dentro de este sistema, y declaraban que los movimientos de los astros no se correspondían con los principios de la Astronomía.»

Después de aducir los nombres de Villalobos y Andrés de San Martín, a cuyas dudas ya hemos aludido en el texto, prosigue Vallín: «Con esto queda también clarísimamente confirmado cómo el sistema de Copérnico fue defendido en nombre de la filosofía griega por los mismos teólogos; cómo fue adoptado desde luego en Salamanca, siendo ésta la única universidad de Europa que le explicó en aquel siglo, y España la única nación que le adoptó en vida de Tico-Brahe, como dice Maignet; y cómo también se aplicó inmediatamente a la construcción de nuevas tablas y a los cálculos astronómicos. La historia moderna lo ha comprendido así, haciéndonos justicia en este punto, como poco a poco nos la irá haciendo en otros muchos, si nos apresuramos a publicar o reimprimir todo lo que encierran nuestros archivos y bibliotecas, directamente relacionado con los trabajos y descubrimientos de las grandes figuras científicas del siglo XVI en nuestra patria. Nadie ignora, en cambio, que el ilustre Tico-Brahe y la casi totalidad de los astrónomos de Europa, en aquella época, consideraban absurdo el nuevo sistema, pohibiéndose en todas partes la obra de Copérnico, desde su aparición en 1543, mientras se señalaba de texto en nuestras universidades y se levantaban en su defensa plumas científicas, como la de Pablo de Alea, y plumas teológicas, como la de Fr. Diego de Zúñiga, sin que a ningún hombre de ciencia español se le ocurriera que el sistema de Copérnico pudiera ser perseguido por su falta de conformidad con las Santas Escrituras.»

«Apenas llegó a España, García de Céspedes y otros matemáticos y astrónomos, lo examinaron como teoría, dándole entrada en sus cálculos e investigaciones. Vasco de Piña calculó por su medio las declinaciones del sol en 1582, para la isla de Santo Domingo, abrazando este cálculo hasta el año 1880; Juan de Herrera y los demás profesores de la Academia de Madrid pidieron a Italia las obras de Copérnico; y Suárez Argüello empleó el nuevo sistema en unas tablas para calcular los tres planetas superiores «porque se conformaba más con la verdad y con las observaciones»; todo lo cual demuestra que había en nuestra patria una cultura, una ciencia, una libertad científica que no consentía la persecución de los sistemas naturales por la superstición, o cuando menos, que no autorizaba una persecución personal sirviéndose de la teología como instrumento. No es, por lo tanto, de extrañar que aquel sabio profundo, lumbrera de su época, aquel insigne Galileo, cuando se vio tan horriblemente perseguido y condenado, volviese los ojos a España, como única nación capaz de comprenderlo, en busca de un reposo que le negaba su patria.»

«Todo esto ignoraba Bailly, al escribir en su *Historia de la Astronomía* lo que sigue: 'El sistema de Copérnico no tenía entonces más partidarios que en Alemania, y aún aquí en corto número'. Tico, el primero, el más grande de los astrónomos de Europa, le consideraba como absurdo, consignando su opinión de ser contrario, no solamente a los principios de la física, sino también a los de la teología y a la Sagrada Escritura, porque la estabilidad de la Tierra se afirma muchas veces en los textos sagrados. Keplero le defendió casi solo, ayudado de Galileo; pero la generalidad de los astrónomos de entonces eran contrarios. Hasta 1615 no se defendió en Italia, escribiendo en Nápoles el P. Foscarini: *Lettera supra l'opinione de Pittagorici e del Copernico, della mobilitá della terra e stabilitá del Soli*; y en Inglaterra hasta 1660, haciéndolo antes que ningún otro el profesor Wikins».

Después de copiar el párrafo en que Fray Diego de Zúñiga, en 1574, comenta un versículo de Job, mostrándose partidario del sistema de Copérnico, que considera compatible con los libros sagrados, agrega Vallín: «sin embargo la congregación del índice suspendió en 1616 el libro de Copérnico hasta que fuese corregido, y prohibió en general todas las obras que sostuviesen el movimiento de la tierra» (*Histoire...*, de M. Marie, París 1884). Por último, Morín, catedrático de matemáticas en el Colegio de Francia y uno de los más renombrados astrónomos de su tiempo, combatió apasionadamente las ideas de Copérnico, más de un siglo después, en sus obras tituladas: *J. B. Morini famosi est antiqui problematis de telluris motu et quiete hactenus optata solutio*, 1631. *Aloe telluris factoe contra Gassendi tractatum de motu impresso a motore translato*. Tycho-Braoeus in Philolaum».

Agregaremos algunas observaciones:

El párrafo transcripto de la vieja historia de Bailly, como los análogos de otros historiadores, no reflejan la verdad de la posición del gran Tico, que fue el máximo admirador de Copérnico y de su obra; con su sistema mixto entre el copernicano y el de Tolomeo, se propuso solamente contemporizar, salvando el escollo del conflicto con el famoso pasaje de las Escrituras; pero, sea como quiera, está muy en lo cierto Vallín al reseñar la terrible oposición que hasta fines del siglo encontró la concepción copernicana; ciertamente justificada por sus imperfecciones.

Nos faltan elementos bibliográficos para confirmar debidamente la afirmación relativa a la Universidad de Salamanca; pero en la*Historia* de La Fuente, encontramos este dato favorable: en la reforma de Covarrubias, en 1559, figuraban las Matemáticas y Astrología repartidas en tres años de su estudio; el primero, de Astrología; el segundo, de Euclides, Ptolomeo o Copérnico *ad vota audientium*, es decir: que la libertad de estas enseñanzas no era a voluntad del catedrático, sino de los estudiantes. Si prefirieron éstos alguna vez el sistema copernicano al de Tolomeo o viceversa, no podemos asegurarlo. Según Picatoste, Copérnico se impuso definitivamente desde 1594, fecha bastante temprana.

De todos modos, no es poco mérito de los teólogos españoles haber creado tal ambiente de tolerancia y comprensión, mientras en París era expulsado por tal causa Pedro Ramus del Collège de France y asesinado en la noche de San Bartolomé, en 1572, por sus colegas, o al menos, por instigación de ellos[105].

Los historiadores alemanes dan a entender que sólo en los países protestantes encontró eco y comprensión el sistema de Copérnico; pero los dos juicios emitidos en esta frase son erróneos; ni en la católica e intolerante España hubo tal intransigencia, como revelan las citas anteriores, ni los reformadores eran espíritus mucho más libres y ecuánimes. Baste recordar aquel apóstrofe, nada cordial, de Melanchton, el íntimo amigo de Lutero:

> «¡Admirad a ese imbécil que quiere reformar la ciencia astronómica! Pero las Sagradas Escrituras lo declaran sin lugar a dudas: ¡Es al Sol y no a la Tierra al que Josué ordenó detenerse!».

En el famoso proceso de Galileo, cuyo recuerdo siempre candente se esgrime todavía como arma de combate, hubo muchos factores que suelen olvidarse: ley de inercia mental que se resiste a admitir toda hipótesis, por muy científica que sea, en pugna con todos los datos de nuestros sentidos, y sólo comprensibles con enorme esfuerzo de imaginación; rencillas personales y pequeñas pasiones nada santas, solemnemente encubiertas por santas apariencias; y ante todo, y sobre todo, una cuestión de celo profesional, de amor propio herido por el empeño del discutidor florentino, en demostrar la compatibilidad de la teoría astronómica con los textos bíblicos. Esto mismo dijo Fr. Diego de Zúñiga, y se le perdonó porque era teólogo; pero dicho por un astrónomo era intromisión intolerable para los profesionales.

Variación de la aguja y magnetismo terrestre

Si fuera cierta la opinión de Tiraboschi y del abate don Juan Andrés, que atribuyen a los árabes la invención de la brújula en el siglo X u XI -dice Navarrete-, y que sirviéndose de ella en las extendidas y frecuentes navegaciones que les suponen, transmitieron su conocimiento y su práctica a los europeos, pudiera muy bien conjeturarse que, entre éstos, fueron los españoles los primeros que se aprovecharon de tan importante descubrimiento, cuando consta con toda certidumbre que entre sus marinos era de un uso muy general a mediados del siglo XIII.

En efecto; puede leerse en las Partidas, que son de aquella época, este expresivo párrafo: «Et bien así como los marineros se guían en la noche oscura por el aguja que le es medianera entre la estrella et la piedra, et les muestran por do vayan también en los malos tiempos como en los buenos, otro sí los que han de ayudar et de aconsejar al Rey se deben siempre guiar por la justicia...»

Este valioso testimonio «no sólo prueba el conocimiento que ya se tenía a mediados del siglo XIII de la aguja magnética, sino que era de un uso corriente y familiar entre los navegantes españoles; pues nunca se sacan símiles y comparaciones, y más en asuntos de gravedad y trascendencia, sino de objetos cuyas circunstancias son muy notorias y comunes».

Corrobora esta afirmación cuanto escribía Raimundo Lulio, en 1286, en su obra *Fénix de las maravillas del Orbe*, que los navegantes de su tiempo se servían «de instrumentos de medida, de cartas marinas y de la aguja imantada».

Las investigaciones recientes han descubierto en autores europeos alusiones a la aguja desde fines del siglo XII, las cuales no tienen relación apreciable con las antiquísimas descripciones chinas de la «guía magnética».

Para ilustrar lo ya expuesto, indicaremos las etapas sucesivas.

Guillermo Gilbert, médico inglés, y Riccioli, jesuita italiano, atribuyen el descubrimiento de la declinación magnética a Sebastián Caboto y a Gonzalo Fernández de Oviedo; como el aludido escrito de Caboto es de 1534, y la *Historia de las Indias* en que cita el hecho de que la aguja se desvía en las proximidades de las Azores fue publicada por Oviedo en 1535, carecen de todo fundamento tales atribuciones de prioridad.

En 1525 Guillén de Castro combinó el gnomon con la aguja para medir la declinación y deducir así la longitud geográfica con esta «brújula de variación», perfeccionada por Pedro Núñez y por Juan de Castro, cuarto virrey de la India. Este gran cosmógrafo hizo con la brújula de Guillén la primera serie de observaciones de la desviación; y en 1538 descubrió la alteración producida por el hierro del navío.

En 1530, Alonso de Santa Cruz inició la construcción de un mapa de variaciones magnéticas, o, más bien, de una tabla gráfica de valores, siendo, por tanto, como Burroughs (1580) y Cristóbal Bruno, precursor de Halley (1700).

En 1545, medio siglo después de los viajes de Colón, el tratadista Pedro de Medina negaba formalmente en su Regimiento de navegación la declinación de la aguja, que atribuía a construcción defectuosa y a errores de los navegantes. El propio Pedro Núñez, cuya cultura científica era superior a la de sus coetáneos, tenía análoga opinión, atribuyendo la desviación a debilitarse la fuerza magnética de la aguja por el uso.

En 1551, Martín Cortés (no en 1556, como dice Poggendorff, que, sin duda, se refiere a la segunda edición del Compendio de la esfera) acepta el fenómeno, y lo explica, como ya hemos dicho en el texto, por la atracción de un cierto punto del cielo, siguiendo en esto la hipótesis atribuida a Colón, la cual perduró durante mucho tiempo. Mientras Paracelso lo situaba en la constelación de la Osa, Cortés lo suponía móvil en la bóveda celeste.

Según el historiador Fischer, el vicario alemán Hartmann había observado ya en 1536, y publicose en 1544, que en Nüremberg la declinación era de 10º ¼, mientras que en Roma era de 10º. En 1550 Oroncio Fineo observó que la declinación en París era de 8º.

Es preciso esperar hasta 1580, en que el inglés Norman da una explicación más aceptable situando el centro atractivo en el globo terrestre, de acuerdo con el veronés Fracastoro y el sueco Magnus, quien aseguraba que en la región hiperbórea existían grandes masas de hierro que actuaban sobre la aguja.

El alemán Hartmann descubrió en 1544 la inclinación de la aguja, muy perceptible en grandes latitudes, que escapó a la sagacidad de los primeros navegantes; y el ya citado Norman construyó en 1577 las primeras brújulas de inclinación.

En 1600, el inglés Gilbert estableció nuevos puntos de vista sobre el magnetismo, que en opinión de Poggendorff tienen tanto valor como los de Galileo en Mecánica, debiendo agregarse, en honor del genial médico de la reina Isabel, que su obra es anterior a todas las de Galileo, siendo, por tanto, el primero de los grandes teóricos de la Edad Moderna.

En su famoso tratado *De magnete*, publicado en 1600, considera la Tierra como un imán, lo que explica la orientación de las agujas imantadas, según la sabida regla de las atracciones y repulsiones, y la teoría del magnetismo terrestre queda al fin científicamente organizada.

En 1635, el inglés Gellibrand descubre la variación secular de la declinación, que ya había sido notada por su compatriota Gunther en 1622, haciendo debilitar la fe de los navegantes en su gran instrumento auxiliar.

Desde entonces, los nombres de Halley, Mairan, Saussure, Biot, Poisson, Gauss, Secchi, Faraday, Humboldt..., han dejado su estela gloriosa en ésta como en tantas otras teorías.

Colón, hombre de ciencia

Para encuadrar la personalidad del Almirante en el marco en que la hemos situado por sus dotes de observador de los fenómenos naturales, su curiosidad escudriñadora y su empeño teorético, creemos instructivos los párrafos que le dedica Humboldt en su *Cosmos*, tan tas veces citado:

«Entre los rasgos característicos de Cristóbal Colón, merecen señalarse sobre todos la penetración y la seguridad del golpe de vista, con el cual, aunque falto de instrucción y extraño a la física y a las ciencias naturales, abarcó y combinó los fenómenos del mundo exterior. A su llegada a un nuevo mundo y un nuevo cielo, observó atentamente la configuración de las comarcas, la fisonomía de las formas vegetales, las costumbres de los animales, la distribución del calor y las variaciones del magnetismo terrestre.

»Llamados a consignar cuánto contribuyó la gran época de las expediciones marítimas a ensanchar las miras sobre la Naturaleza, nos consideramos felices con poder referir nuestra narración a la individualidad de un grande hombre, dándole con ello mayor vida. En el Diario Marítimo de Colón y en sus relaciones de viaje publicadas por primera vez desde 1825 a 1829 se encuentran planteadas ya todas las cuestiones hacia las cuales se dirigió la actividad científica en la última mitad del siglo XV y durante todo el XVI.

»Del mismo modo que, sin conocer todavía el uso de los instrumentos métricos, en las relaciones de los primeros viajes terrestres se trataba ordinariamente de evaluar las condiciones climatológicas de los países montañosos situados bajo la zona tropical, guiándose por la distribución del calor, por los grados extremos de sequedad atmosférica y por la frecuencia de las explosiones eléctricas, así también los navegantes se formaron, desde luego, nociones exactas acerca de la dirección y rapidez de las corrientes que, como ríos de muy irregular anchura, atraviesan el océano Atlántico. En cuanto a la corriente llamada propiamente ecuatorial, es decir, al movimiento de las aguas entre los trópicos, Colón es quien la ha descripto primero, explicándose sobre este asunto de una manera muy positiva y general a la vez en la relación de su tercer viaje: 'Las aguas -dice- se mueven como la bóveda del cielo (van con los cielos), del Este al Oeste'. La dirección de algunas masas flotantes de yerbas marinas daba fuerza también a esta creencia. Encontrando Colón en la Guadalupe una vasija pequeña de hierro batido en manos de los habitantes, llegó a suponer que podía ser de origen europeo, y haber sido recogida de los restos de un buque que hubiera naufragado por la corriente ecuatorial desde las costas de la Iberia a la América. En sus hipótesis geognósticas consideraba Colón la hilera transversal de las pequeñas Antillas y la forma de las grandes Antillas, cuyas costas son paralelas a los grados de latitud como un efecto del movimiento de las olas que se mueven del Este al Oeste bajo los trópicos.

»Cuando en su cuarto y último viaje reconoció el Almirante la dirección de las costas, yendo derechamente de Norte a Sur, desde el promontorio de Gracias a Dios hasta la laguna de Chiriquí, sintió los efectos de una violenta corriente dirigida hacia el Norte y el Nornoroeste, y de Este a Oeste, y se rompe contra la costa opuesta. Anghiera sobrevivió a Colón el tiempo bastante para abarcar en su conjunto el movimiento de las aguas del Océano, para reconocer el remolino del golfo de Méjico, y la agitación que se prolonga hasta la Tierra de los Bacalaos (Terranova) y hasta la embocadura del río San Lorenzo.

»Cristóbal Colón no tiene solamente el mérito incontestable de haber sido el primero en descubrir una línea magnética sin declinación, sino también el de haber propagado en Europa el

> estudio del magnetismo terrestre, por sus consideraciones sobre el crecimiento progresivo de la declinación hacia el Oeste, a medida que se separaba de aquella línea...
> »Lo que se debe a Colón no es solamente el haber observado el primero la existencia de esta declinación, que está ya indicada, por ejemplo, en el mapa de Andrés Bianco, levantado en 1436; es haber notado el 13 de septiembre de 1492 que a 2º ½ hacia el Este de la isla Corvo, la declinación magnética cambia y pasa de Nordeste a Noroeste.
> »Este descubrimiento de una línea magnética sin declinación señala un punto memorable en la historia de la Astronomía náutica, y ha sido justamente celebrada por Oviedo, Las Casas y Herrera. Los que con Livio Sanuto atribuyen este descubrimiento a Sebastián Cabot olvidan que el primer viaje de este célebre navegante, emprendido a expensas de los comerciantes de Bristol, y coronado con la toma de posesión del continente americano, es cinco años posterior a la primera expedición de Colón. Éste no ha descubierto sólo en el océano Atlántico una región en que el meridiano magnético coincide con el meridiano geográfico; ha hecho, además, la ingeniosa observación de que la declinación magnética puede servir para determinar el lugar en que un buque se halla con relación a la longitud. En el Diario de su segundo viaje (abril de 1496), vemos orientarse al Almirante realmente, según la declinación de la aguja imantada.»

Nos hemos extendido en largas citas para justificar el título de este capítulo, porque algunos historiadores presentan al afortunado navegante como hombre de mediocre jerarquía intelectual y muy escasa cultura, mientras otros aseguran que realizó estudios en la Universidad de Pavía. Hemos consultado el volumen conmemorativo de la fundación de aquella famosa escuela y en él no figura su nombre, que a buen seguro no habría sido olvidado; pero, aun en tal hipótesis, escasos habrían sido tales estudios, ya que a la temprana edad de 14 años salió a correr mundo, que fue su universidad.

En conexión con el mérito científico que en verdad le corresponde con relación a su época, está la famosa cuestión, tantas veces debatida, de la asamblea científica de Salamanca, que rechazó su plan.

Historiadores ha habido, como el conde de Roselly, que en su afán de ensalzar a Colón, afirma que para examinar sus propuestas, a falta de astrónomos y de hombres de mar, hubo que formar una junta de teólogos, en la que sólo figuraba un «cosmógrafo *inédito*, el noble joyero de Burgos, Don Jaime Ferrer».

No falta, por el contrario, algún erudito no español -tal como Enrique de Gandía- que afirma todo lo contrario: «sólo en España se sabía que la tierra tiene diez mil kilómetros más de lo que creía Tolomeo y repetía Colón. Por ello las vacilaciones de los sabios españoles y la seguridad de Colón».

Hubo, en efecto, un Mosén Jaime Ferrer, cosmógrafo, mineralogista y joyero que «se ejercitó en la navegación más de treinta años», el cual intervino en la división del océano entre las coronas de Castilla y Portugal; pero la aseveración de Roselly parece basada en una confusión, pues no hay noticia de que este hombre de actividad quíntuple interviniese en las famosas deliberaciones salmantinas; y en todo caso no habría que lamentarlo, pues es el mismo de cuya inteligente intervención en el problema de las longitudes nos hemos ocupado en capítulo anterior. Antes de emitir despectivo juicio el señor Conde, debía haberse puesto a resolver el triángulo esférico, nada fácil, en que el múltiple Ferrer se basó para su método.

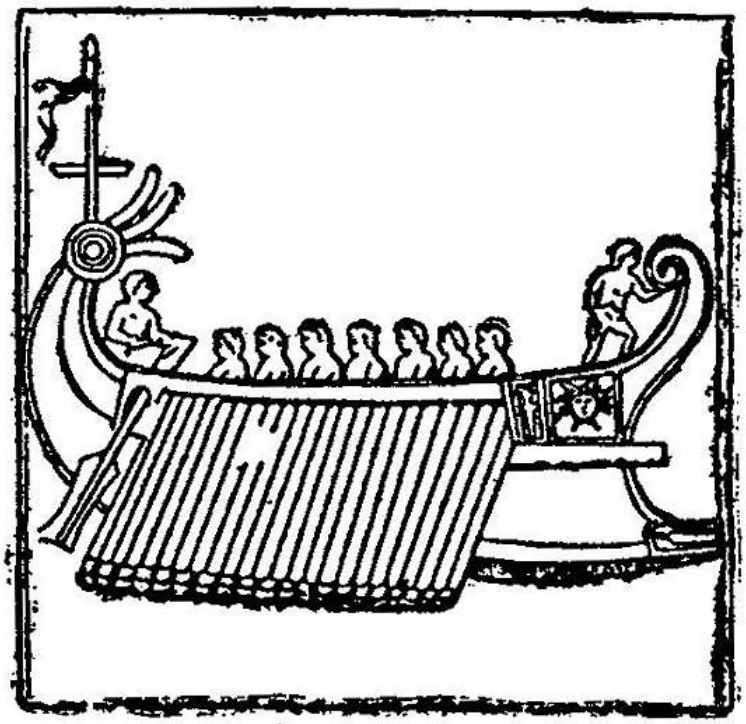
Otro cosmógrafo competentísimo, maestro después de los cosmógrafos portugueses, era Abraham Zacuto, que estuvo años antes profesando en Salamanca, pero no se sabe si intervino en las discusiones.

Hubiera o no cosmógrafos competentes en Salamanca (nos faltan documentos para asegurarlo), lo cierto es que en otras ciudades los había; y lógico es suponer que los Reyes Católicos utilizaran a los más entendidos para deliberar sobre asunto de tamaña importancia.

Para mejor justificar los méritos de Colón, que le adjudican merecido lugar en la Historia de las ciencias naturales, y al mismo tiempo para evitar en algún lector la falsa ilusión de encontrar en sus escritos un lenguaje con la precisión científica que hoy exigimos, conviene reproducir algún fragmento de ellos. He aquí algunos párrafos de una carta que escribió en octubre de 1498, desde Haití: «Cuando yo navego de España a las Indias, fallo luego en pasando 100 leguas a Poniente en las Azores gradísimo mutamiento en el Cielo e en las estrellas, y en la temperancia del aire, y en las aguas de la mar; y en esto he tenido mucha diligencia en la experiencia. Fallo que de Setentrión en Austro, pasando las dichas 100 leguas de las dichas islas, que luego en las agujas de marear que hasta entonces nordesteaban, noruesteaban una cuarta de viento todo entero, y esto es que en allegando allí aquella línea, como quien traspone una cuesta, y así mesmo fallo la mar toda llena de yerba de una calidad que parece ramitos de pino, y muy cargada de fruta como de lantisco, y es tan espesa que al primer viaje pensé que era bajo, y quedaría en seco con los navíos, y hasta llegar con esta raya no se falla un solo ramito. Fallo también en llegando allí, la mar nunca se levanta... Allegando a estar en derecha con el paralelo que paso por la Sierra Leoa en Guinea, fallo tan grande ardor y los rayos del sol tan calientes, que pensaba de quemar... Después yo emparejé a estar en derecho de esta raya, luego fallé la temperancia del Cielo muy suave, y cuanto más andaba adelante, más multiplicaba...»

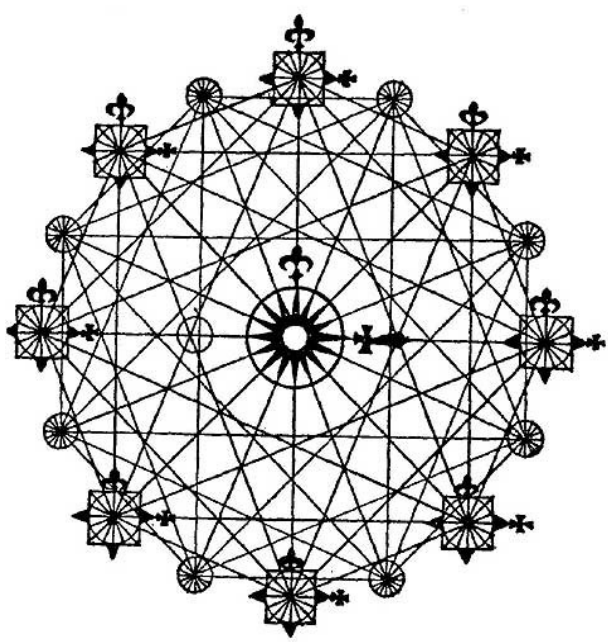
Esta carta -dice Humboldt-, aclarada por otros muchos pasajes de los escritos de Colón, contiene observaciones sobre el conocimiento físico de la tierra, sobre la declinación de la aguja imantada, subordinada a la longitud geográfica, sobre la flexión de las isotermas desde las costas occidentales del antiguo continente hasta las costas orientales del nuevo, sobre la situación del gran banco de Sargaso en la cuenca del mar Atlántico, y, por último, sobre las relaciones existentes entre aquella zona marítima y la parte correspondiente de la atmósfera. Poco familiarizado Colón con las matemáticas, llegó a creer desde su primer viaje, mediante falsas observaciones acerca del movimiento de la estrella polar, hechas en las cercanías de las Azores, que la esfera terrestre era irregular. Según él, el globo está más elevado en el hemisferio occidental, y, al aproximarse los buques a la línea marítima en que la aguja imantada se dirige exactamente hacia el Norte, «van alzándose hacia el Cielo suavemente, y entonces se goza de más suave temperancia».

La compleja semblanza del inmortal navegante, místico y aventurero, crédulo y desconfiado, dotado del más moderno sentido científico e imbuido de los más irracionales prejuicios medioevales, quedará completada citando al azar algunos de éstos, que mezcló con sus valiosas observaciones y sus discutibles teorías. El empeño de encontrar lugar adecuado para el paraíso terrenal, que, por fin, ubicó en las fuentes del Orinoco, unido a ciertos errores de observación náutica por la imperfección de los instrumentos, le indujeron a su ya citada teoría geodésica, atribuyendo al globo la forma de una pera, en cuyo inaccesible promontorio situaba el paraíso.



Buque de guerra griego.

Seguro de la existencia de sirenas, asegura en su diario haber visto hasta tres de ellas saltando en el mar, pero que no eran tan hermosas como se las suele pintar. Lo más probable es que fueran tres vulgares delfines de los que saltan espantados ante los barcos; y, al no ver sus hermosas facciones femeninas, ni escuchar su melódico canto seductor; se comprende la desilusión del soñador navegante, que quizá se disponía ya a adoptar el heroico recurso de Ulises, de atarse al mástil y tapar los oídos de sus marineros, para librarse todos de la mortal seducción.



NOTAS

1 Ni los portugueses, que doblaron el cabo de Buena Esperanza, ni la expedición de Magallanes, que alcanzó latitudes más extremas, observaron la inclinación de la aguja, que es muy perceptible en tales parajes; o bien se limitaron a mantenerla horizontal pegándole bolitas de cera, sin preocuparse del fenómeno físico que tal inclinación manifestaba.

2 De estas *Cartas latinas*, verdadera crónica de todo lo acontecido en su tiempo, fértil en sucesos importantes, se imprimieron 778, formando 33 libros, en Alcalá, cuatro años después de su muerte acaecida en 1526, y en 1534, salió en italiano su *Historia de las Indias Occidentales*.

En vida publicó sus *Décadas Océanas*, en latín, año 1511; obra que alcanzó, como las otras, varias ediciones.

3 Quienes no conociendo otros móviles que el interés, sólo atribuyen miras políticas y comerciales al Infante don Enrique, deberán leer a su contemporáneo el cronista Azurara, que pone la curiosidad científica como primer móvil del príncipe, que deseaba «tener sobre todas las cosas una certeza manifiesta». Y Diego Gomes, uno de sus navegantes, asegura que emprendió el viaje «deseando conocer las regiones lejanas del Océano occidental, y si por casualidad había islas o tierra firme además de las que Tolomeo había descrito».

4 En cambio, para Estrabón, el Ecumene era insular, y además existía un *antiecumene* meridional, bañado como él por el mismo océano; y Crates de Mallos suponía otros dos en el hemisferio opuesto, o sea en total cuatro continentes.

5 Los antiguos creían que no llovía nunca en la zona tropical y por ende era inhabitable. Pigafetta, cronista del viaje de Magallanes, dice en su diario del 3 de octubre: «Tuvimos vientos contrarios, calmas chichas y lluvia hasta la línea equinoccial, y el tiempo lluvioso duró sesenta días, *contra la opinión de los antiguos*».

6 Muy exagerado es, por consiguiente, este párrafo de Lummis en su conocido libro de vindicación: «causa risa saber que una de las razones por las que nadie se atrevía a arriesgarse mar afuera era el temor de llegar inadvertidamente más allá del límite del océano, y de que el buque y la tripulación cayesen en el vacío. Aun cuando sabían que el mundo era esférico, todavía no se soñaba en la ley de gravitación; y se suponía que, si uno avanzaba demasiado lejos por la superficie de la esfera, corría el peligro de lanzarse al espacio».

Y no falta quien ha aderezado la trágica escena diciendo que los navegantes, al salirse del borde del mundo, temían caer en las fauces de grandes y feroces dragones cuyo hálito era fuego.

7 San Isidoro, el más sabio quizá del siglo VII (escritor el más universal y fecundo de su tiempo, lo llama Kretschmer), no admitía siquiera la existencia de habitantes en Libia, por ser paraje excesivamente lejano, donde los hombres no podrían vivir en suelo tan inclinado, sin caerse.

8 «La menor de las dificultades que se presentaban a los descubridores del Nuevo Mundo -dice Lummis- era el tremendo viaje que había que hacer entonces para llegar a él. Si las tres mil millas de mar desconocido hubiesen sido el principal obstáculo, hubiéranlo vencido la civilización algunos siglos antes. Fueron la ignorancia humana, más honda que el Atlántico; y el fanatismo, más tempestuoso que sus olas, los que cerraron por tanto tiempo el horizonte del occidente de Europa. A no ser por estas causas, el mismo Colón hubiera descubierto la América diez años antes; es más, América no hubiera tenido que esperar tantos siglos a que Colón la descubriese.»

9 Así describe Pigafetta estas hojas animadas: «Son semejantes a las de morera, o más largas, con pecíolo corto y puntiagudo, y cerca del pecíolo, a ambos lados, tienen dos pies. Si se les toca se escapan; pero al partirlas no sale sangre. Guardé una durante nueve días en una caja y cuando la abría se paseaba alrededor. Opino que viven del aire.» (Agosto de 1521.)

Otros viajeros las describen igual, opinando que tienen alojado un insecto, o que son gigantescos insectos con alas en forma de hoja.

10 Véase en el capítulo que dedicamos a Colón la desilusión con que habla de las tres sirenas que encontró en el mar, menos bellas de como se las suele pintar.

Después de haber encontrado en el primer viaje a los caníbales del Caribe, y cuando ya estaba abierta la curiosidad para más truculentas novedades, se comprende la desilusión sufrida por la expedición de Bartolomé Ruiz, al encontrar en el Mar del Sur un gran comercio flotante sobre lujosa canoa, bien provista de mercaderías, con su correspondiente gran balanza para ajustar exactamente las transacciones.

11 Por ejemplo: «Libro del Mundo», «Espejo e imagen de toda la tierra», de Sebastián Franck, en 1534; «Descrizione de tutta la Terra», de Francesco Philopono, en 1557; «Meditaciones de fabrica mundi», de Mercator, en 1595.

12 *H. Weule*. «Die Erforschung des Erdoberfläche», Leipzig, Berlín.

No solamente se transformó de raíz la idea que el hombre tenía de sus coetáneos -dice este especialista- sino que el nuevo material conquistado para la antropología y la etnografía hizo cambiar nuestras ideas sobre el hombre prehistórico, surgiendo la idea del hombre terciario, que hizo retroceder el origen de las diferencias raciales.

Agreguemos que fue su viaje a América el que afirmó a Darwin en su concepción transformista de las especies.

Sobre razas americanas, y su origen, véanse en nuestra lengua los enjundiosos estudios de Imbelloni, Márquez Miranda y Palavecino.

13 El citado caballero Pigafetta se cuidó de anotar estas semejanzas y fue el primer autor de diccionarios de lenguas americanas, los cuales avaloran su dramático relato del «primer viaje en torno del globo».

14 Véanse las etapas en el estudio del magnetismo terrestre en el capítulo final: Notas y complementos.

15 Después de todo, aunque fuese cierta la interpretación citada, corriente entre los historiadores, no debe calificarse de absurda para la época.

16 Así dice *Becker*, «Los estudios geográficos en España». Madrid, 1917, pág. 64, y más rotundamente lo afirman otros autores.

17 Aunque la crítica histórica no ha dicho su última palabra, parece ser que Enrique el Navegante mantuvo en secreto las expediciones enviadas hacia occidente, y que el descubrimiento del Labrador, en 1472, por los daneses, fue de acuerdo y por instigación de Portugal, ya muerto el infante don Enrique.

18 «Ni los mismos franceses estaban entonces más adelantados en el arte de navegar, como lo prueba el viaje que hizo Juan de Bethencourt, caballero francés, saliendo de la Rochela con un envío para la conquista de las Canarias a 19 de mayo de 1492. De resultas de un

viento contrario que experimentó al montar la isla de Rhe, se vio obligado a entrar en el puerto de Vivero, y desde allí, haciendo escala en la Coruña, en Cádiz y en el puerto de la isla Graciosa, entró por fin en el de Rubicón a principios de julio. Los gastos que hizo Bethencourt para armar este navío, las dificultades con que tuvo que luchar para conseguirlo, la escasez de víveres de que sin embargo se quejaba su gente, navegando siempre por la costa, y con tan frecuentes escalas, y la considerable deserción que tuvo de más de las cuatro quintas partes de la tripulación, que miraban a las Canarias como tierras incógnitas a donde los llevaban a morir oscura y miserablemente: todo esto prueba el atraso en la construcción naval, la falta de capacidad y fortaleza de los bajeles, la rutina e ignorancia en el pilotaje y en la geografía, y cuán poco acostumbrados estaban los franceses del océano a semejantes expediciones marítimas.» (Navarrete, *Historia de la Náutica*, p. 71.)

También se había perdido en Francia, podemos agregar, la tradición de los marinos de Dieppe que en 1365 exploraron las costas africanas.

19 En contra de esta opinión, el profesor Diego Molinari considera bien documentados en fuente genovesa, los viajes de Valdino, y Ugolino Vivaldi en 1291. La bandera genovesa habría ondeado hacia 1312 en la isla Lanzarote, así llamada por su descubridor Lanzarotto Malocello, y así figura en los portulanos posteriores de la escuela mallorquina, como dice Soldevilla en su estudio publicado en Barcelona en 1929; pero ¿llegó más al Sur?

20 Figura esta declaración en la forma entonces usual: frente al paraje donde desemboca el río, que llama de Oro, y que parece ser el Gambia, más al sur que las islas de Cabo Verde, hay dibujado un barco con una leyenda, que traducida del lemosín al castellano dice así: «*... el bajel de Jaime Ferrer para ir al Río de Oro el día de San Lorenzo, que es el 10 de agosto y fue el año 1346*», suponiéndose que la palabra inicial ilegible debe ser *partió*, pues así dice en el mapa-mundi catalán de 1375.

En nota incoherente del volumen póstumo de su *Panorama*, que en breve aparecerá, Aldo Mieli dice que adonde Ferrer se proponía ir es a la Costa de Oro (esto es, mucho más al sur) y de esa supuesta intención *deduce* que las pruebas 2ª y 3ª «no prueban nada». (?)

21 Así lo dijo un viajero francés que en 1667 fue a Guinea, y así lo transcribe Humboldt en su «Historia de la Geografía»; Navarrete da en cambio la fecha de 1375.

También admite Humboldt en su «Cosmos» (t. II cap. VI) el viaje «de don Jaime Ferrer, que arribó en 1346 al río de Ouro». Tal afirmación es excesiva, pues nunca se supo la suerte de tal expedición.

22 ¿Conocía el príncipe lusitano las mentadas expediciones mallorquinas por alguna carta o quizá solamente por noticias recibidas del famoso Jaime de Mallorca a quien contrató en 1412 para organizar la oficina de Sagres? Parece ser que este famoso cosmógrafo balear era homónimo del Jaime Ferrer de la expedición de 1346 al Río de Oro, y no falta quien los identifica, hipótesis improbable que lo haría nonagenario al iniciar sus trabajos; pero aun siendo otro Ferrer, de los que tanto abundan en el Levante español, con ser balear, hay bastante para hacer verosímil tal hipótesis, la cual explicaría la insistencia con que el príncipe ordenaba a Gil Eanes, una vez tras otra, avanzar hacia el sur, sin temor al *mar tenebroso*, en el que ya no creía.

23 Por esta causa, y por los estrechos límites de espacio disponible para el resumen histórico que hicimos en la Historia de la Nación Argentina dirigida por Ricardo Levene, no tocábamos en él este punto discutido.

Es en cambio extraño que silencie tales expediciones del S. XIV Fontoura da Costa en su documentada conferencia del Congreso de Historia de las Ciencias celebrado en Portugal en 1934.

Aun regateando valor probatorio a los documentos de expediciones anteriores, no es admisible la rotunda negación de los historiadores portugueses y alguno extranjero, recogida por Reparaz en esta declaración absoluta: «Los portugueses son los primeros descubridores (sólo mucho después que ellos y siguiendo sus huellas, mandaron los españoles navíos por el Océano adelante); y entre ellos hay que estudiar también la prehistoria de los descubrimientos».

24 De la copiosa y conocida bibliografía sobre el tema, sólo recordemos trabajos recientes del historiador de la geografía Roberto Almagià y algunos interesantes artículos de Gregorio Marañón.

25 En esto se fundó el eminente Nordenskjöld para suponer que «the normal portulano is a Catalan work». Otros eruditos explican que los cartógrafos italianos se servían de las noticias recibidas de los españoles y portugueses respecto de las medidas de las costas del Atlántico o bien de sus portulanos (aunque no se conocen anteriores a 1339), y de ahí procede la mezcla de unidades que produjo la deformación ya citada en los portulanos; de estas y otras explicaciones sobre la compleja cuestión, nada concreto y bien justificado ha podido deducirse hasta ahora. Es éste uno de los varios problemas pendientes planteados por los portulanos. No parece absurda la afirmación de Ramasio de que los primeros fueran las copias de la «antigua y bella carta de marear, que habían traído del Catay Marco Polo y su padre»; en tal hipótesis no sería auténtica la fecha de 1270, supuesta para la carta pisana.

26 Conviene aclarar que los numerosos cartógrafos mallorquines de la época de oro para la cultura balear son designados como *catalanes*por los historiadores extranjeros.

27 Los historiadores portugueses siguen atribuyendo al Infante Don Enrique la graduación de las cartas, pero sin aportar pruebas.

En sus alegatos, como en los de muchos cartógrafos españoles hay notable confusión entre cartas planas y portulanos, claramente distinguidas en la monumental obra de Cortesâo.

28 ... «faltaba establecer el punto o situación de la nave en cualquier día y hora que se necesitase y en medio de los mares, donde no hay objetos que puedan prestar este conocimiento como a vista de las costas; eran precisos a este fin instrumentos para observar los astros, y tablas de sus declinaciones y movimientos, para determinar la latitud y encontrar medio de hacer aplicable en la mar el uso del astrolabio; pues que en los continuos balances y movimientos de un bajel no podían tener las observaciones la exactitud que en tierra; y era asimismo indispensable la formación de cartas hidrográficas para conocer por ellas la situación o punto deducido de aquellas observaciones, y poder seguir desde él la derrota con acierto y mayor seguridad.» (BARROS, *Decad*. 1ª, Lib. 4; NAVARRETE, *loc. cit.*, pág. 83).

29 Aunque algunos dicen que Tolomeo inventó ciertas tablas y un instrumento con que se determinaba la latitud en alta mar, lo que antes de él se hacía sólo en tierra, midiendo la longitud o extensión de la sombra meridiana en el solsticio del verano, sin embargo es muy cierto que cuando Bartolomé Díaz, siguiendo los descubrimientos de la costa de África, tomó tierra en la bahía de Santa Elena, antes de montar el cabo de Buena Esperanza, a los cinco meses de su salida de Lisboa, fue con el objeto de hacer agua y de tomar la altura del sol; porque como hacía poco tiempo que los marinos portugueses (según dice Juan de Barros) se aprovechaban del uso del astrolabio para esta manera de navegar y los navíos eran pequeños, no confiaba aquel descubridor poder tomar la latitud dentro de ellos, a causa de su arfar o cabecear, que es el movimiento que hacen levantando y sumergiendo alternativamente la proa y la popa; principalmente con un astrolabio de palo de tres palmos de diámetro que armaban en tres barrotes a manera de cabria, para asegurar y conocer mejor la línea solar y saber con más exactitud la verdadera altura de aquel lugar, puesto que llevasen otros astrolabios más pequeños de latón: tan rústicamente comenzó este arte que tanto fruto ha dado después a la navegación. Y porque en este reino de Portugal (continúa

Barros) se halló el primer uso del astrolabio en la navegación, será bien decir en este lugar cuándo y por quién fue hallado (*loc. cit.*, pág. 81).

30 También se llamaba *cruz geométrica*, *rayo astronómico*, *ballestilla*, etc. Cada aparato tenía una *flecha* o varilla axial y un juego de tres o cuatro *cruces correderas* o *martillos* de diversas longitudes, a los que correspondían diversas graduaciones grabadas en las diversas caras del eje. Según dice Fournier: «Il n'y a instrument dont les Nautoniers se servent plus volontiers, soit de jour soit de nuit, lorsqu'on voit l'Horizon, pour prendre l'elevation de quelque astre».

31 Dice así Fournier en su *Hidrographie*: «C'etait un gros cercle d'airain de 10 a 12 livres que l'on fait lourd afin qu'il résiste mieux su vent en agitation du vaisseau, et se mette plus promptement de niveau, et s'y tienne plus constamment: l'alidade se termine en un point sux extrémités, les pinnules ne sont distantes que d'un pouce du centre».

32 En el tiempo que el infante D. Enrique comenzó el descubrimiento de Guinea, toda la navegación se reducía a seguir la dirección de la costa, de la cual se tomaban las señales y enfilaciones para hacer derroteros como aún se usan; y este método bastaba para aquel modo de descubrir. Pero después que los mismos marinos quisieron navegar lo descubierto, perdiendo la costa de vista y engolfándose en alta mar, entonces conocieron los engaños y errores a que los exponían, la estima y juicio de las singladuras o del camino de la nave en cada venticuatro horas; ya por razón de las corrientes, del abatimiento y de otros fenómenos de la mar. Para corregir estos errores y asegurar más la navegación, convocó y resumió el Rey *D. Juan II* de Portugal a maestre *Rodrigo* y a maestre *Josef*, judío; ambos sus médicos, y a un*Martín de Bohemia*, afamado astrónomo que se gloriaba de ser discípulo de *Juan de Monterregio*, los cuales hallaron la manera de navegar por la altura del sol, de que hicieron tablas para la declinación, como se usa ahora entre los navegantes; aunque con mayor perfección y exactitud que cuando comenzó y servían aquellos grandes astrolabios de palo (BARROS, *loc. cit.*).

33 Puede consultarse sobre este punto la importante obra: J. BENSAUDE, *L'Astronomie nautique au Portugal à l'époque des grandes decouvertes*. Bern., 1912.

34 F. GOMES TEIXEIRA, *Collaboraçao dos hespanhoes e portugueses mas grandes navegaçoes dos seculos XV e XVI*. «Asoc. esp. para el progreso de las Ciencias». Congreso de Oporto, 1921.

35 NAVARRETE, *loc. cit*., pág. 47.

36 La obra de Francisco Falero (o Faleiro) publicada en el año 1535 es el primer libro donde aparece descrita la declinación magnética de la brújula, que tantas discusiones había de ocasionar. Y no se limita a una simple exposición del fenómeno, sino que desarrolla tres métodos para la determinación de la declinación (véase A. WOLKENHAUER. *Beiträge zur Geschichte der Kartographie und Nautik des 15 bis 17 Jahrhunderts*. München, 1904).

37 El arte de navegar de Pedro Medina fue traducido al francés en 1554, reimprimiéndose en París y Lyon en 1561, 1576, 1615 y 1628. Al italiano en 1555, haciéndose una nueva edición en 1609. Al inglés en 1581, reimprimiéndose varias veces. Al alemán en 1576, haciéndose nuevas ediciones aumentadas en 1577, 1580, 1581, 1628 y 1633.

También el arte de navegar de Martín Cortés aparecido en 1551 tuvo merecida fama en Europa, y muy especialmente en Inglaterra, donde fue el libro de texto preferido. Lo tradujo primero Ricardo Eden en 1561, Bourne en 1577, y después de varias reimpresiones el traductor inglés en 1596 declara: «no existe en la lengua inglesa libro alguno que, con un método tan breve y sencillo, explique tantos y tan raros secretos de Filosofía, Astronomía y Cosmografía, y en general todo cuanto pertenece a una buena y segura navegación».

38 He aquí sus propias palabras en el diario de 21 de octubre de 1520: «Il capitano generale che sapeva de dover fare la sua navigacione per uno streto molto ascoso, como vite ne la thesoraria del re de Portugal in una carta fata per quello excelentissimo huomo, Martín de Boemia, mando due navi...»

39 No es error este apelativo que usa Pigafetta, y con él algunos otros. Según Cluverius, se le llamaba Martín de Bohemia porque sus antepasados eran originarios de ese reino o porque él se estableció allí a causa del comercio.

40 Cita tomada, como la siguiente, del prólogo puesto al diario de Pigafetta por su traductor al francés. La memoria de Otto apareció en las*Philosophical Transactions* de la Sociedad de Filadelfia.

41 Se explicarían así las esperanzas que concibieron los navegantes de Magallanes de haber encontrado el deseado paso cuando llegaron al estuario del río de la Plata, muchísimo más cercano de los 40º que no el verdadero estrecho.

42 Así dice D. Martín Fernández de Navarrete en su ya citada *Disertación sobre la Historia de la Náutica y de las Ciencias Matemáticas, que han contribuido a sus progresos entre los españoles*. Obra póstuma. Madrid, 1846, pág. 106.

Es esta obra la fuente de donde Vallín y otros historiadores han tomado casi todos sus juicios y hasta largos párrafos enteros, olvidando con frecuencia el uso de las comillas.

43 Fue el primero que hizo observaciones y experiencias para medir la extensión del grado terrestre, hallando que tenía 62 ½ millas o 62.500 pasos geométricos; como lo había hecho Oroncio Fineo caminando de París a Tolosa, corrigiendo así la extensión que hasta entonces se señalaba. Para hacer esta medida con mayor exactitud, trabajó con mucha inteligencia en fijar el tamaño o valor del pie español, midiendo el circo y naumaquia de Mérida, y después las distancias entre los mármoles puestos en el camino de la plata, desde aquella ciudad de Salamanca.

Compuso e imprimió una tabla muy curiosa de la diversidad de los días; y las horas y minutos que tenían de aumento y disminución, en varios pueblos de España y de Europa, según sus paralelos y altitudes respectivas: rebatiendo algunos errores populares sobre este asunto, definiendo los vocablos cosmográficos de que se vale, dando reglas para el uso de las tablas y aclarándolo e ilustrándolo todo con ejemplos, y con aplicaciones al arreglo de los relojes. (MUÑOZ, *Elogio de Nebrija*, p. 24 MEXÍA, *Silva de varia*, lecc. Part. 3ª. MORALES,*Antigüedades de España*, f. 33; NAVARRETE, *loc. cit.*, p. 106).

44 Si el paso geométrico era el de 5 pies, o sea 1.393 m., la longitud calculada para el grado terrestre sería de 87 Km., excesivamente errónea, aunque no tanto como la de Alfragano.

45 Algunos historiadores (Della Rosa, H. Vignaud, R. Carbia) han impugnado la autenticidad de los documentos atribuidos a Toscanelli.

46 Lo que afirmó a ambos en su cifra fue la coincidencia con las mediciones geodésicas de Alfragano, que daba 56 2/3 millas por grado (o sea 84 km. en vez de 111 km.). Véase nota siguiente

47 Ignoramos si Colón conoció el proyecto del primero de estos geógrafos españoles, pero sí conoció el del segundo, como resulta de la nómina de obras consultadas: Marco Polo, Pedro Mártir de Anglería. Eneas Silvio, cardenal d'Ailly, Séneca...

Lo que sí conocían Toscanelli y Colón eran las medidas geodésicas árabes que asignaban a la circunferencia 5.100 leguas, errónea medición que confirmaba la errónea cifra de Tolomeo.

48 «...Y así me afirmo quel mundo no es esphérico, salvo qué tiene esta diferencia que ya dije, la cual es en este hemisferio a donde caen las Indias, é la mar Océana, y el extremo dello es debajo de la linea equinoccial». (Diario Mss. de Colón en su tercer viaje. Citado por MUÑOZ,*Hist. del Nuevo Mundo*, Lib. 6, § 25).

49 «Siendo lo más probable que el paraíso estuvo en el oriente, Paria, en su concepto, era el principio de esa región, que por la bondad de temple, frondosidad y hermosura en la tierra, igualdad en días y noches, uniformidad de los tiempos, y sitio encumbrado para gozar de una atmósfera más pura y menos cargada de vapores y exhalaciones, reunía las circunstancias con que varios santos y doctores describen aquel lugar delicioso, en que colocó Dios a nuestros primeros padres.» (Cit. NAVARRETE, *loc. cit.* p. 117.)

50 Jaime Ferrer, el famoso cosmógrafo catalán encargado de trazar la línea divisoria entre las posesiones españolas y portuguesas, de acuerdo con el tratado de 1494, sometía todos sus proyectos al juicio de Cristóbal Colón, porque «en el tiempo actual en esta materia más que otro sabe, porque es gran teórico y mirablemente práctico como sus memorables obras manifiestan; y creo que la divina Providencia le tenía por electo, por su grande misterio y servicio en este negocio, el cual pienso es disposición y preparación del que para adelante la misma divina Providencia mostrará a su gran gloria, salud y bien del mundo». (*De situ Orbis*, cap. 5.)

51 No fueron éstas -dice Navarrete- las únicas ideas que con un tino superior a los conocimientos de su tiempo ocupaban su meditación y conservó en sus relaciones dirigidas a los Reyes. Además de las que pertenecen a la geografía física, a la historia natural, a las costumbres y usos de los habitantes del Nuevo Mundo, son muy dignas de nuestro aprecio las que prepararon sucesivos adelantamientos a la hidrografía y el arte de navegar; porque usando de su habilidad para dibujar y construir cartas, las formó de todos los mares y países que iba descubriendo y las ilustraba con las observaciones astronómicas e hidrográficas que le caracterizaron del marino más hábil y osado de aquellos tiempos». (*Loc. cit.*, pág. 119.)

52 *Loc. cit.*, pág. 167.

53 Pedro Sarmiento es considerado por el historiador alemán Peschel como el más competente de los marinos españoles del siglo XVI; pero en este punto no demostró tal competencia, pues en 1580, es decir, muchos años después de la aparición del tratado de Cortés, pretendía convencer a los pilotos de que la tal desviación de la aguja se podía corregir o evitar *sin más que aceitarla frecuentemente*.

54 Dice así: «no curen de emendar las agujas apuntando los fieros o azeros y vn lado ni a otro de la flor de lys señala; porque causaría muchos inconvenientes: ni menos se deue admitir en las cartas dos graduaciones». (Cap. V.)

55 Comentado por GELCICH, *Studien über die Entwicklungsgeschichte der Schiffsfahrt*, Laibach 1882, p. 74.

56 Dice así Santa Cruz en el capítulo IV de su *Libro de las longitudes*: «Presuponiendo en mí -dice- que la misma diferencia que el aguja hacia a la parte de poniente noruestando, que la misma haría a la parte del levante nordestando, puse en ella de 15 en 15 grados muchos meridianos, y debajo de cada uno de ellos fuera de la carta escribí lo que en cada uno nordesteaba o noruesteaba allí el aguja tocada con el magnete o piedra iman».

Fontoura da Costa maltrata duramente a Santa Cruz, al que llama «gran plagiario de Pedro Núñez». Nos faltan datos para opinar sobre ese juicio y los diametralmente opuestos de los historiadores españoles. Tampoco conocemos la obra del portugués Bruno, Borro, Borri, o Burro, a quien asignan sus compatriotas el mérito que arrebatan a Santa Cruz; pero observamos que es posterior en más de medio siglo.

57 A pesar de ello, grandes figuras de la Cosmografía persistieron en la idea: Mercator (1546), Sanuto (1558), Bourne (1577) y aún en el siglo XVII Cristóbal Bruno, Mariz Carneiro y otros, que «enterraron definitivamente el método», como dice Fontoura da Costa.

58 Las cartas de Ferrer están impresas en el número 68 de los documentos diplomáticos, tomo 8º, pág. 97 de la Colección de viajes españoles.

No habiendo visto el original y debiendo conformarnos con este párrafo copiado, no podemos juzgar exactamente el método de Ferrer; pero bien claro aparece que su primera solución consiste en resolver un triángulo conocido un cateto (3º 20') y el ángulo adyacente dado por el rumbo que fija. Como este triángulo tiene un cateto formado por un arco de círculo menor, y la hipotenusa es un arco de loxodromia, sería interesante averiguar cómo lo resolvió. Lo más sencillo es considerar el triángulo rectilíneo en la carta de Mercator, pero no parece posible que así procediera Ferrer.

59 A pesar del respeto de San Martín a las Tablas de Regiomontano, dice en su diario: «Y me mantengo en que *quod vidimus loquimur quod audivinus testamur*; y que toque a quien tocase, en el almanak están errados los movimientos celestes; *sicuti experientia experti sumus*.» (Cit. por BARROS, *Decad*. 3ª, Lib. 5, cap. 19.)

60 4 h. 30 m. de la mañana, esto es 7 h. 30 m. antes de mediodía, se vio la Luna sobre el horizonte oriental en altura de 28º 30', y Júpiter elevado sobre ella en altura de 33º 15'. Deduciendo la altura de la Luna de la de Júpiter, se halló la diferencia de 4º y 45'; y que según el movimiento de la Luna, la conjunción de Júpiter había sido el viernes 16 de diciembre a las 7 h. 15 m. después de mediodía. Por las tablas de Zacuto debía acontecer dicha conjunción este día sábado a la 1 h. 20 m. en el meridiano de Salamanca, y en la de Sevilla a la 1 h. 12 m., aunque el almanak de Juan de Monterregio señalaba dos minutos menos. Resultaba, pues, haber de diferencia del meridiano de Río de Janeiro al de Sevilla 17 h. 55 m., error enorme que atribuía juiciosamente a la ecuación de los movimientos en las tablas, porque era imposible ser tanta la longitud. Ya el mismo San Martín había observado otra vez en Sevilla la conjunción de la Luna con Júpiter, encontrando un error de 10 h. 33 m. de más, y 1 h. 50 m. de diferencia entre el meridiano de Sevilla y el de Ulma. Al día siguiente, domingo 18 de diciembre, dentro del mismo río Janeiro, observó la latitud estando el Sol en su cenit, y resultó que se hallaban apartados 23º 45' de la equinoccial hacia el sur. Además de éstas, hizo en diferentes tiempos y siempre para deducir la longitud, otras observaciones.

61 Es interesante recordar que, ante las dudas que pudieran presentarse en las tierras antípodas, dio en el mismo año una segunda bula en que ampliaba el meridiano de demarcación con su opuesto, quedando así el globo terráqueo dividido en un hemisferio español y otro portugués. Levillier da otra interpretación.

62 Para dar idea del lento avance en la medida del tiempo baste recordar que en el siglo de Pericles y Aristófanes, período áureo de Grecia, se medía el tiempo por la sombra del cuerpo humano y la unidad de tiempo era el *pie de sombra*; que el reloj cóncavo de sol no fue introducido hasta el período alejandrino; que los romanos no lo conocieron hasta el siglo III a. Ch.; que en la Edad Media las 12 horas de día (medidas con el reloj solar cóncavo, muy distinto del moderno cuadrante) eran diversas de las 12 horas de noche (medidas por las estrellas o el reloj de agua), y sólo en los equinoccios eran iguales; que hasta el siglo XIV no se abandonan estas horas *temporales* adoptando 24 horas iguales o equinocciales, y que hasta la divulgación de los relojes de péndulo por Huyghens (1657) y de los relojes transportables por Hooke (1658) siguieron usándose las clepsidras y relojes de arena; o mechas que se consumían lentamente y cuyos nudos equidistantes señalaban la hora. Aún en pleno siglo XVII, Galileo utilizó en muchas experiencias como cronómetro sus propias pulsaciones, y aunque concibió el reloj de péndulo en los últimos años de su vida y ya ciego, dando instrucciones a su hijo para construirlo, el modelo que éste hizo no funcionó satisfactoriamente como el de Huyghens.

Este fracaso ha arrebatado al pisano la prioridad, que unánimemente se da a Huyghens. Sin embargo, el modelo exacto del reloj de Galileo, *bien* construido, que se exhibe en el *Science Museum* de Londres, funciona perfectamente, siendo por tanto injusto negarle la prioridad.

63 BIGOURDAN, *L'Astronomie*. París, 1916.

64 Así dice Vallín, pero ignoramos qué nuevo tipo de ballestilla fue el construido, ni en qué consistió su método.

65 Así dice Cotarelo en su muy documentada monografía sobre el P. José de Zaragoza en «Estudios sobre la ciencia española del siglo XVII», Madrid, 1935. El camino iniciado por España, ya desde el tiempo de Carlos V, fue seguido en el siglo XVII por Holanda y en el XVIII por Francia e Inglaterra, asignando premios fabulosos. Véase la memoria de Eustaquio Navarrete en «Documentos inéditos para la historia de España, XXI, 5 y siguientes».

66 El reloj de péndulo (1658) y el cronómetro de espiral (1675) fueron ineficaces.

67 He aquí las diversas propuestas de Galileo: en 1612 solicitó permiso para explotar comercialmente la venta de su anteojo, llevando un centenar de ellos; pedía como recompensa una «croce de San Iago» y un sueldo de 4000 escudos., Concedido todo ello por Felipe III, exigió Cosme de Médicis, como precio de su permiso para dejarlo salir de Florencia, el derecho de libre envío cada año de dos naves francas a las Indias.

Fracasada esta primera tentativa de Galileo, se dirigió nuevamente en 1617, por medio del embajador de Florencia, para resolver el problema de la longitud y enseñar el manejo de su anteojo; pero esta vez con pretensiones mucho más modestas. Debemos al R. P. Furlong la copia de este documento, que descubrió en el Archivo de Indias el meritísimo erudito.

En 1619 se presentó al nuevo concurso de la longitud, y, final mente volvió a hacerlo en 1632, en que también aspiró al gran premio de Holanda.

68 Ver nota de pág. 94.

69 Así lo dice el continuador de la *Historia de Montucla*, parte 4ª, libro 9 del Complemento, y lo da a entender Gomes Teixeira en su discurso citado, y así lo dice rotundamente el artículo de la Enciclopedia Espasa.

Entiéndase bien que no se discute en puridad la *invención* sino la *reinvención*, pues tales cartas no son sino las de Marino de Tiro y de su sucesor Tolomeo, desconocidas en la Edad Media. (V. el gran tratado de Armando Cortesão.)

70 Dice así el historiador portugués Barros en sus *Décadas da Asia* (1563): «No solamente dispuso las cosas para su buen éxito, sino que hubo por su parte mucha industria y prudencia para conseguirlo; porque para este descubrimiento mandó venir de la isla de Mallorca un maestre Jácome, hombre muy docto en el arte de navegar, que hacía cartas e instrumentos, al cual le costó mucho para traerlo a este reino, a fin de enseñar su ciencia a los oficiales portugueses».

Parece bien averiguado, según Borghi, que la describió en 1789, que la primera carta náutica fue presentada al infante Don Enrique en 1457 por Fr. Mauro Camdolense, quien hizo, por encargo del rey de Portugal, un mapa universal en un plano circular de cerca de 20 palmos de diámetro.

71 M. DE LA PUENTE OLER, *Los trabajos geográficos de la Casa de Contratación*, Sevilla. 1900.

72 Es interesante conocer las colosales proporciones que asumían los aparatos astronómicos de los árabes. En el observatorio de El Cairo el círculo meridiano medía diez codos de diámetro; en el de Samarkanda había un cuadrante circular tan alto como la iglesia de Santa Sofía de Constantinopla; modernamente se ha encontrado este aparato, en el cual cada grado mide cerca de 70 cm (BIGOURDAN.)

73 ZÖPPRITZ, en sus *Leifaden der Kartenentwurfslehre*, p. 143, dice: «Si Mercator encontró la proyección por camino aritmético, analítico o geométrico constructivo, no está averiguado; publicó su Weltkarte en 1569 sin indicación ninguna de cómo encontró las distancias en los paralelos. Sólo 25 años más tarde dio a conocer el inglés Eduardo Wright en su libro *The art of Navigation* y después en*Certain errors in navigation detected and corrected*, London, 1599, el método aproximado de formar las distancias entre los paralelos como producto de la longitud de un grado de ecuador y la suma de las secantes de las latitudes en intervalos de 1 minuto.

Wright fue considerado por esto como el descubridor de la ley, aunque él se refiere a Mercator.

La expresión analítica exacta de la distancia entre paralelos en función de la latitud fue dada en 1645 por el inglés Henry Bond.

Para mayores esclarecimientos, consúltese la obra: BREUSING, *Das Verebnen der Kugeloberfläche*. Leipzig, 1892, pág. 39, donde hay abundantes noticias históricas.

74 Dice así Venegas: «Para todo lo sobredicho es de notar que las cartas de marear todas son falsamente descritas, no por ignorancia, sino para darse a entender a los marineros; los cuales no pueden navegar sin rumbo, que son los vientos señalados por las líneas derechas que están en las cartas. A do quiera que estos rumbos concurren, es señal que allí está la aguja de marear. Estos rumbos no se pueden señalar sino en carta plana. Y por eso, cuando decimos que responden diecisiete leguas y media por grado, entiéndese por la equinoccial o su equivalente, que fuera de allí irá disminuyendo, así como van disminuyendo las rebanadas de melón...»

Sin duda, se refieren Venegas y Santa Cruz a los vientos señalados en los portulanos, con sus características redes de rectas irradiantes desde sendas rosas de los vientos; líneas cuya utilidad resultaba mínima para la navegación de altura, por no corresponder a los rumbos efectivos por causa de la alteración de ángulos que producen las cartas planas. Evitar esta disconformidad mediante el adecuado espaciamiento de los paralelos era la solución, que no alcanzaron, del problema planteado.

75 Otro cosmógrafo que suele citarse con motivo de la invención de las cartas esféricas es García de Céspedes; pero el problema de que se ocupa es el mismo que el de Santa Cruz: la medida de distancias sobre cada paralelo, y lo hace con una serie de escalas graduadas, según sea la latitud.

Su obra, publicada en 1606, es posterior a la carta de Mercator de 1569, de la cual no revela conocimiento. Signo es éste de la decadencia en la Náutica española, que ya asoma a fines de siglo XVI.

76 La fórmula para el elipsoide es más complicada, y figura en los tratados de Geodesia.

77 He aquí la nómina de matemáticos españoles que enseñaron con éxito en París: Pedro Ciruelo y Juan Martínez Guijarro (Siliceo), que profesan desde 1500, y poco después Gaspar Lax, Miguel Francés y el portugués Álvaro Tomás. (V. nuestra monografía: *Los matemáticos españoles del siglo XVI*. Madrid, 1926.)

78 De carácter técnico, igualmente orientado hacia las necesidades de la Náutica, habría sido el Colegio Imperial para niños que don Fernando Colón estaba organizando en grandioso edificio construido a sus expensas, con licencia del emperador, cuando lo sorprendió la muerte en 1539, después de consumir todas sus rentas en la biblioteca llamada coloniana, formada con más de 17.000 obras, según afirman biógrafos.

79 «Considerando, amado Lector, la gran falta que en estos Reynos de España ay de la sciencia Mathematica, por ser ella tan necessaria, alos sabios verdaderos, me he atreuido de escriuir esta obra;... Assi que por ser cosa nueua lo que trato, y jamás vista, ni declarada, y podrá ser, que ni aun entendida, ni imprimida en España, me he atreuido a tratarla, escriuirla en lengua tan por entero repugnante a la mía.» (*Álgebra*de Marco Aurel.)

80 «Los españoles no podían interesarse en el estudio florístico, no sólo porque las operaciones militares les impedían distraerse en cosas que no fueran las de afianzar su dominio, sino por incapacidad absoluta para la dedicación científica, y esto como resultado de la época y de la herencia ancestral adquirida a través de los siglos que duró esa noche que la historia conoce con el nombre de Edad Media.»